



TESIS - TE142599

ANALISIS EFEK PEMBEBANAN dan TEGANGAN TIDAK SEIMBANG pada PERFORMANSI DETEKSI KETIDAK-SEIMBANGAN *AIR GAP* MOTOR INDUKSI 3-FASA

NUR RANI ALHAM
071155001004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TESIS - TE142599

**ANALISIS EFEK PEMBEBANAN dan TEGANGAN
TIDAK SEIMBANG pada PERFORMANSI DETEKSI
KETIDAK-SEIMBANGAN *AIR GAP* MOTOR INDUKSI
3-FASA**

NUR RANI ALHAM
071155001004

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Dimas Anton Asfani, ST., MT.
Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM TENAGA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Nur Rani Alham
NRP. 0711155001004

Tanggal Ujian : 20 Desember 2017
Periode Wisuda: Maret 2018

Disetujui oleh:

1. Dr. Dimas Anton Asfani (Pembimbing I)
NIP:198109052005011002
2. Dr. Eng. I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc (Pembimbing II)
NIP:197007121998021001
3. Dedet Candra Riawan, ST., MEng., Ph.D (Penguji)
NIP:197311192000031001
4. Vita Lystianingrum Budiharto Putri, ST., M.Sc., Ph.D (Penguji)
NIP:198208292006042001
5. Dr. Ir. Soedibyo, MMT. (Penguji)
NIP:195512071980031004

Dekan Fakultas Teknologi Elektro



Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
NIP. 197002121995121001


Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“ANALISIS EFEK PEMBEBANAN dan TEGANGAN TIDAK SEIMBANG pada PERFORMANSI DETEKSI KETIDAK-SIMETRISAN AIR GAP MOTOR INDUKSI 3-FASA”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Desember 2017



Nur Rani Alham
NRP. 0711155001004

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS EFEK PEMBEBANAN DAN TEGANGAN TIDAK SEIMBANG PADA PERFORMANSI DETEKSI KETIDAK-SEIMBANGAN *AIR GAP* MOTOR INDUKSI TIGA FASA

Nama mahasiswa : Nur Rani Alham
NRP : 0711155001004
Pembimbing : 1. Dr. Dimas Anton Asfani, ST.,MT
2. Dr.Eng.I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa merupakan motor yang telah banyak digunakan di pabrik-pabrik besar pada umumnya, selain efisien dari segi harga, perawatannyapun tidak begitu sulit. Namun tidak menutup kemungkinan saat berada di lapangan, motor induksi tersebut mengalami kerusakan, salah satunya yaitu terjadinya ketidak-seimbangan pada *air gap* atau celah udara. Sehingga dapat menyebabkan kondisi jarak celah udara antara rotor dan stator tidak seragam atau serempak dimana kondisi ini disebut *eccentricity*. Untuk mencegah terjadinya kerusakan yang berkelanjutan, penelitian ini dilakukan agar dapat mendeteksi kesalahan atau kerusakan secara dini. Sehingga Peneliti mencoba menganalisis efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang dengan melihat spektrum arus stator pada motor induksi tiga fasa dengan kondisi ketidak-seimbangan *air gap* dan difokuskan pada kondisi *static eccentricity*. Hasil dari data ini akan diolah dengan menggunakan metode yang ada yaitu *Fast Fourier Transform* (FFT). Untuk *curret signature* dilihat pada saat kondisi *steady state*. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa dengan adanya efek pembebanan tingkat persentase keberhasilan deteksi sebesar 67%. Sedangkan untuk tegangan tidak seimbang dan efek pembebanan turun menjadi 13,4%.

Kata kunci: Motor Induksi, arus, eksentrisitas celah udara, pembebanan, tegangan tidak seimbang.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS OF LOAD EFFECTS AND UNBALANCE VOLTAGE ON AIR GAP ECCENTRICITY IN DETECTION PERFORMANCE OF THREE PHASE INDUCTIN MOTORS

By : Nur Rani Alham
Student Identity Number : 0711155001004
Supervisors : 1. Dr. Dimas Anton Asfani, ST.,MT
2. Dr. Eng.I Made Yulistya Negara, ST., M.Sc

ABSTRACT

Three-phase induction motor is a motor that has been widely used in large factory in general, in addition to efficient in terms of price, maintenance is not too difficult. But did not close the possibility while in the field, the induction motor is damaged, one of which is the occurrence of imbalance in the air gap. So it can cause the condition of air gap distance between rotor and stator not uniform or in unison where this condition is called eccentricity. To prevent sustained damage, this research is done in order to detect errors or damage early. This time the researcher tried to analyze the effect of load and unbalance voltage by the spectrum of stator current in three phase induction motor with eccentricity air gap and focused on static eccentricity condition. The results of this data will be processed using existing methods is Fast Fourier Transform (FFT). For curret signature seen at steady state condition. The results of the experiments show the effect of load to rate percentage detection rate 67%. As for the unbalanced voltage and load effect down to 13.4%

Keywords: Induction motor, current, air gap eccentricity, load, unbalance voltage.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT karena atas limpahan karunia rahmat-Nya sehingga karya akhir yang berjudul “Analisis Efek Pembebanan Dan Tegangan Tidak Seimbang Pada Performansi Deteksi Ketidak-Simetrisan *Air gap* Motor Induksi 3-Fasa” ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana M.Sc.ES., Ph.D., selaku Rektor Institut Teknolgi Sepuluh Nopember Surabaya,
2. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknolgi Sepuluh Nopember,
3. Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng., selaku Kepala Departemen Teknik Elektro Institut Teknolgi Sepuluh Nopember,
4. Bapak Dr. Dimas Anton Asfani, S.T, M.T dan Bapak Dr. I Made Yulistya Negara, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing tesis saya atas kesediaan dan kesabarannya dalam memberikan bimbingan dan ilmu pada penulis,
5. Para dosen dan karyawan Institut Teknolgi Sepuluh Nopember yang banyak membantu dalam proses perkuliahan,
6. Seluruh keluarga besar saya, Papa, Mama, Adek atas segala doa dan dukungan yang diberikan,
7. Teman-teman Teknik Sistem Tenaga ITS 2015 (Restu-samarinda, Belly-sumenep, Abi-sidoarjo, Daeng-pamekasan, Ina-madiun, Kak eva-bengkalis, , Evin-sidoarjo, Ari-pamekasan, Pak samsudin-sidoarjo, Samudra-surabaya, Fajar-lamongan, Om hedi-sampang dan Thoeurn Muy-camboja) atas kebersamaan selama ini.

Akhir kata, segala kritik dan saran penulis perlukan demi penyempurnaan karya akhir ini, dan semoga karya akhir ini bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Desember 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Kontribusi	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Komponen Motor Induksi	5
2.2 <i>Eccentricity</i>	6
2.3 Hubungan Arus Stator Dan Eksentrisitas Celah Udara	8
2.4 Efek Pembebanan	8
2.5 Tegangan Tidak Seimbang	9
2.6 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT)	10
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Studi Literatur	13
3.2 Pengumpulan Data	13
3.3 Konfigurasi Sistem	13
3.3.1 Suplai Tegangan tidak Seimbang	15
3.3.2 Pembebanan	16

3.4	Proses Akuisi Data	16
3.5	Rekontruksi Celah Udara pada Motor Induksi	18
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	20
3.7	Sistematika Laporan	20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Persentase pembebanan	22
4.2	Arus Stator Pada Motor Normal dan Motor Eksentrisitas	23
4.3	Letak Frekuensi Eksentrisitas Celah Udara.....	24
4.4	Hasil analisa deteksi frekuensi eksentrisitas celah udara	24
4.4.1	Analisa Spektrum pada Kondisi Tegangan Seimbang beban 0% (Tanpa Beban)	26
4.4.2	Analisa Spectrum pada Kondisi Seimbang dengan Variasi beban	32
4.4.3	Analisa Spectrum pada Kondisi Tidak seimbang	49
BAB 5 PENUTUP		121
5.1	Kesimpulan.....	121
5.2	Saran.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....		123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen motor induksi	5
Gambar 2.2	<i>Air gap</i> : a) <i>Normal (concentric)</i> , b) <i>Static eccentricity</i> c) <i>Dynamic eccentricity</i> [4].....	6
Gambar 2.3	Kopling antara motor induksi dan beban mekanik dalam kasus rotor eksentrisitas [5].....	9
Gambar 3.1	Konfigurasi Sistem	14
Gambar 3.2	Motor Induksi 3 Fasa.....	14
Gambar 3.3	Variac Tegangan.....	15
Gambar 3.4	Peralatan penelitian deteksi eksentrisitas celah udara	17
Gambar 3.5	Bearing normal	18
Gambar 3.6	Ring dengan ketebalan 0,2 mm	19
Gambar 3.7	Skema eksentrisitas celah udara	19
Gambar 3.8	Diagram alir untuk melakukan eksperimen motor induksi tiga fasa dengan ketidak-simetrisan airgap	20
Gambar 4.1	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi seimbang tanpa beban atau beban 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	27
Gambar 4.2	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan seimbang tanpa beban atau beban 0%(a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	28
Gambar 4.3	Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan seimbang dengan beban 0% di sisi $f_s - f_r$ (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	29
Gambar 4.4	Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan seimbang dengan beban 0% di sisi $f_s + f_r$ (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	30
Gambar 4.5	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang tanpa beban atau beban 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	33
Gambar 4.6	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	34
Gambar 4.7	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3...35	35
Gambar 4.8	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....36	36
Gambar 4.9	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3...37	37
Gambar 4.10	Grafik amplitudo motor normal kondisi tegangan seimbang dengan variasi beban di sisi $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	38

Gambar 4.11	Grafik amplitudo motor normal kondisi seimbang dengan variasi beban disisi $f_s + f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	39
Gambar 4.12	Grafik amplitudo motor normal kondisi seimbang dengan variasi beban disisi $f_s + f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	41
Gambar 4.13	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	42
Gambar 4.14	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3 ...	43
Gambar 4.15	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	44
Gambar 4.16	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	45
Gambar 4.17	Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas kondisi seimbang dengan variasi beban pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	46
Gambar 4.18	Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas kondisi seimbang dengan variasi beban pada frekuensi eksentrisitas $f_s + f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	47
Gambar 4.19	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	50
Gambar 4.20	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	52
Gambar 4.21	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	53
Gambar 4.22	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	55
Gambar 4.23	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	56
Gambar 4.24	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	58
Gambar 4.25	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix volltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	59

Gambar 4.26	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau under voltage 10% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	61
Gambar 4.27	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	62
Gambar 4.28	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	64
Gambar 4.29	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	65
Gambar 4.30	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	67
Gambar 4.31	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	68
Gambar 4.32	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	70
Gambar 4.33	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	71
Gambar 4.34	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	73
Gambar 4.35	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	74
Gambar 4.36	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	76
Gambar 4.37	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	77
Gambar 4.38	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	79
Gambar 4.39	Grafik amplitudo motor normal seimbang dan motor normal kondisi tidak seimbang dengan pembebanan 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	80

Gambar 4.40	Grafik amplitudo motor normal seimbang dan motor normal kondisi tidak seimbang dengan pembebanan 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s + f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	81
Gambar 4.41	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	83
Gambar 4.42	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	84
Gambar 4.43	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	86
Gambar 4.44	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	87
Gambar 4.45	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	89
Gambar 4.46	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	90
Gambar 4.47	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	92
Gambar 4.48	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	93
Gambar 4.49	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	95
Gambar 4.50	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	96
Gambar 4.51	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	98
Gambar 4.52	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	99
Gambar 4.53	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	101

Gambar 4.54	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	102
Gambar 4.55	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	104
Gambar 4.56	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	105
Gambar 4.57	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	107
Gambar 4.58	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	108
Gambar 4.59	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	110
Gambar 4.60	Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	111
Gambar 4.61	Grafik amplitudo motor normal tidak seimbang all load dan motor eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan pembebanan 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3	112
Gambar 4.62	Grafik amplitudo motor normal tidak seimbang all load dan motor eksentrisitasl kondisi tidak seimbang dengan pembeban 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3.....	113
Gambar 4.63	Grafik tingkat persentase deteksi untuk pembebanan dan tegangan tidak seimbang.....	121

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa.....	15
Tabel 3.2	Data pembebanan.....	16
Tabel 4.1	Skema Pengambilan Data	21
Tabel 4.2	Banyak kasus pengujian analisa	22
Tabel 4.3	Persentase pembebanan pada motor induksi	22
Tabel 4.4	Hasil pengukuran arus stator pada motor normal dan motor eksentrisitas.....	23
Tabel 4.5	Amplitudo motor normal dan eksentrisitas seimbang tanpa beban .	31
Tabel 4.6	Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas seimbang dengan variasi beban	48
Tabel 4.7	Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 0%.....	114
Tabel 4.8	Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi seimbang dengan beban 25%.....	116
Tabel 4.9	Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 50%.....	117
Tabel 4.10	Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 50%.....	118
Tabel 4.11	Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 50%.....	119

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era yang semakin maju ini, tidak menutup kemungkinan bahwa teknologi semakin berkembang, baik dalam bidang komunikasi maupun industri. Di dunia industri sendiripun sudah menggunakan peralatan-peralatan yang semakin efisien contohnya motor induksi, yang sudah banyak digunakan di pabrik-pabrik besar seperti pabrik kertas, pabrik minyak, pembangkit tenaga listrik dan masih banyak lagi. Motor induksi ini sendiri banyak digunakan selain efisien, pemeliharaannya tidak begitu sulit dan harganya relatif murah.

Selain itu, daya yang dihasilkan oleh motor induksi yaitu dari ratusan watt ke megawatt, sehingga dapat memenuhi kebutuhan produksi proses industri [1]. Namun tidak menutup kemungkinan dengan berjalannya waktu, motor induksipun dapat mengalami proses penuan alami. Kegagalan motor yang tidak diidentifikasi dalam tahap awal mungkin menjadi kerusakan dan motor induksi dapat menderita kerusakan parah. Dengan demikian, kesalahan yang tidak terdeteksi mungkin dapat menyebabkan kerusakan motorik, yang pada akhirnya berdampak pada penutupan produksi [1].

Biasanya untuk mendeteksi keberadaan dari kesalahan dalam mesin dengan monitoring getaran dari frekuensi tinggi dan komponen arus terminal selama beberapa periode waktu berlangsung. Ini dapat digunakan untuk mendeteksi rotor eksentrisitas [2]. Beberapa gangguan yang sering merusak motor induksi rotor antara lain, kerusakan *bearing*, patah atau terkikisnya batang rotor dan gangguan pada *air gap*. Untuk gangguan *air gap* sendiri, terdapat Rotor eksentrisitas di motor induksi yang terbagi menjadi dua bentuk statis eksentrisitas (di mana rotor dipindahkan dari pusat *bore* stator tapi masih berputar pada porosnya sendiri) dan eksentrisitas dinamis (di mana rotor masih berputar pada stator pusat *bore* tapi tidak pada pusat sendiri). Penyebab terjadinya rotor eksentrisitas yaitu salah bantalan posisi selama perakitan, bantalan dikenakan, rotor poros bengkok, operasi pada kecepatan kritis menciptakan rotor "pusaran," dan lain-lain. Eksentrisitas

menyebabkan gaya pada rotor yang mencoba untuk menarik rotor lebih jauh dari pusat *bore* stator. Dalam kasus eksentrisitas statis ini adalah tarik stabil *pull* dalam satu arah [2]. Oleh karena itu, diagnosis rotor eksentrisitas sangat diinginkan untuk mencegah masalah operasional yang serius.

Tiga fasa *Squirrel Cage Induction Motors* (SCIM) terus mengalami tegangan listrik, termal, mekanik dan lingkungan dalam setiap aplikasi industri. Tekanan tersebut dapat mengakibatkan kerusakan rotor bar. Karena kesalahan seperti medan magnet tidak simetris akan dapat menyebabkan penurunan torsi, peningkatan fluktuasi kecepatan, kebisingan dan getaran. Ini memanfaatkan getaran dari motor sebagai media untuk mendeteksi dan mendiagnosa bar rotor yang rusak di bawah tidak ada beban dan kondisi beban dengan menggunakan *state-of-the-art*, MMA6270QT MEMS *accelerometer*. Analisa spektrum dari sinyal getaran motor dengan menggunakan hasil analisis FFT (*Fast Fourier Transform*) telah dapat dianalisis [3].

Motor Current Signature Analysis (MCSA) adalah pendeteksian sinyal listrik yang mengandung komponen arus yang langsung. MCSA dapat diterapkan di mana-mana dalam industri di mana motor induksi yang digunakan memungkinkan non-intrusif on-line analisis (bahkan jauh) dari saat ini pasokan bermotor dan mendeteksi kesalahan saat motor masih operasional dan tanpa mengganggu layanan. Hal ini dapat efisien diterapkan untuk deteksi dan lokalisasi untuk berbagai kesalahan operasi motor [4]. Analisis *Signature* arus dan Analisis Getaran pada motor menggunakan dua metode yang paling populer untuk deteksi kesalahan eksentrisitas di induksi motor. Sebuah studi yang dilakukan pada motor induksi untuk menganalisis pengaruh tegangan suplai *unbalance* pada metode deteksi kesalahan eksentrisitas oleh *Signature* arus sekarang dapat dianalisis [5]. Celah udara (*air gap*) dari mesin induksi beroperasi di bawah kondisi khusus. Ini berfokus terutama pada efek dari beban mesin dan rotor eksentrisitas pada volume harmonik ruang dan besaran motor. Penelitian ini membandingkan prediksi analisis terbatas dengan pendekatan FEA (*Finite Element Analysis*) skala penuh dan memberikan gambaran singkat dari aspek penting dari desain mesin [6].

Sebuah studi [7] membahas deteksi eksentrisitas celah udara dengan menggunakan spektrum analisis arus motor. Selain itu juga membahas penentuan resolusi frekuensi yang sesuai untuk diimplementasikan guna menghilangkan frekuensi komponen yang terdapat disekitar frekuensi fundamental menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*). Deteksi eksentrisitas celah udara dilakukan dengan mengamati amplitudo pada frekuensi eksentrisitas yang muncul disekitar frekuensi fundametal. Resolusi frekuensi digunakan untuk mengatur tingkat akurasi pengamatan amplitudo pada spektrum frekuensi. resolusi frekuensi yang tepat untuk diterapkan pada sistem deteksi eksentrisitas agar supaya tidak ada frekuensi yang tidak diinginkan muncul di sekitar frekuensi fundamental, hal ini digunakan untuk mengidentifikasi frekuensi eksentrisitas dengan jelas.

Dari studi literatur yang dikumpulkan peneliti bermaksud melakukan eksperimen penelitian tentang masalah *air gap eccentricity* dimana akan menganalisis efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang pada motor induksi tiga fasa. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menganalisis *current signature*, dalam melakukan eksperimen ini dengan melihat spectrum dari arus dalam keadaan *steady state* untuk dapat menganalisis.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah melakukan deteksi ketidak-seimbangan *air gap* dengan efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang untuk melihat performansi dari motor induksi tiga fasa.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah menganalisis deteksi ketidak-seimbangan *air gap* atau eksentrisitas pada tegangan tidak seimbang dan pembebanan pada motor induksi tiga fasa dan bagaimana pengaruh tegangan tidak seimbang dan pembebanan terhadap eksentrisitas celah udara.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk melakukan eksperimen ketidak-seimbangan *air gap* dan mendeteksi eksentrisitas dengan efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang pada motor induksi tiga fasa.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam melakukan penelitian ini yaitu pendektasian eksentrisitas *air gap* pada motor induksi tiga fasa menggunakan tipe eksentrisitas statis, untuk suplai tegangannya yaitu dengan toleransi +5% dan -10% dan menggunakan metode algoritma FFT.

1.5 Kontribusi

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil dari eksperimen ketidak-seimbangan *air gap* dengan efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang pada motor induksi tiga fasa.
2. Melihat hasil spectrum arus sehingga dapat mendeteksi kerusakan motor induksi tiga fasa
3. Dapat mendeteksi dini kerusakan motor sehingga tidak berdampak parah bagi pabrik-pabrik yang menggunakannya.

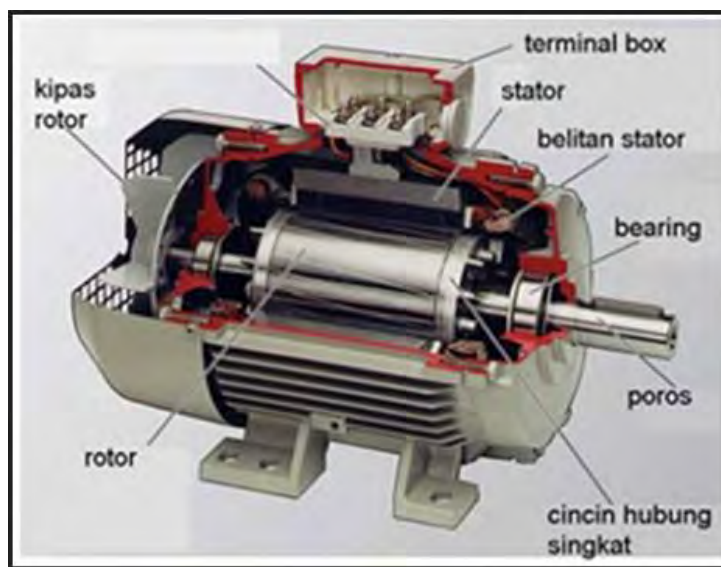
BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Motor induksi adalah perangkat elektromekanis kompleks digunakan dalam sebagian besar aplikasi industri untuk konversi listrik dari listrik ke bentuk mekanik. Dalam bab ini menjelaskan tentang motor induksi tiga fasa dan komponen motor. Perhatian akan difokuskan pada kerusakan motor induksi yang merupakan relevansi untuk masalah listrik.

2.1 Komponen Motor Induksi

Motor induksi terdiri dua komponen utama yaitu rotor dan stator, Berdasarkan konstruksinya, motor induksi dibedakan menjadi dua jenis yaitu motor induksi rotor sangkar (*squirrel cage rotor*) dan motor induksi rotor lilit (*wound rotor*) [3]. Rotor terdiri dari sangkar tupai, poros, dan setumpuk laminasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini



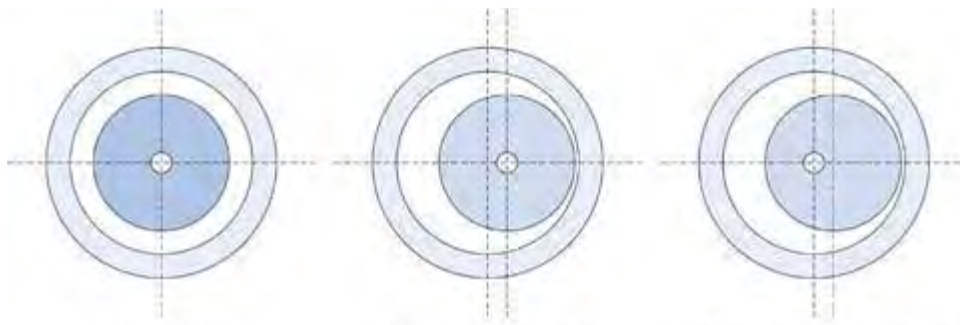
Gambar 2.1 Komponen motor induksi

Stator terdiri dari tiga bagian: bingkai baja yang berlubang, inti besi yang silinder dibuat berlaminasi dan sejumlah slot yang dibuat menampung belitan stator. Secara mekanis mekanis bingkai meyangga stator dan bantalan poros rotor. Gulungan terdiri dari tiga kumparan seimbang sepanjang inti stator laminasi, yang

terhubung ke power supply tiga fasa. Stator terhubung ke power supply. Energi untuk rotor disampaikan oleh induksi dengan rotasi sinkron dari medan magnet stator. Nama "motor induksi" demikian berasal dari fenomena ini. Ini harus menunjukkan bahwa ada ruang antara stator dan rotor yang disebut celah udara [2].

2.2 Eccentricity

Eksentrisitas *air gap* merupakan suatu kondisi ketika jarak celah udara antara rotor dan stator tidak seragam atau serempak. Dua jenis eksentrisitas *air gap* yang abnormal yaitu ada: statis dan dinamis. Dalam kasus eksentrisitas statis posisi dari celah udara radial adalah tetap, sedangkan dalam kasus posisi eksentrisitas dinamis celah udara di mana rotor masih berputar pada pusat *bore* stator tapi tidak pada pusat sendiri.[4]



Gambar 2.2 *Air gap*: a) Normal (concentric), b) Static eccentricity c) Dynamic eccentricity [4]

Kedua jenis eksentrisitas dapat menyebabkan penekanan mesin berlebihan serta meningkatkan penggunaan bearing. Selain itu, gelombang gaya magnet radial diproduksi oleh eksentrisitas juga dapat bertindak pada inti stator dan *winding* stator yang tidak perlu dan berpotensi berbahaya [2].

Celah udara biasanya konstan dengan panjang g . tetapi eksentrisitas jika kedua celah udara statis dan dinamis yang hadir maka panjang celah udara dapat dinyatakan sebagai berikut [2]

$$g(y, t) = g[1 - \delta_s \cos(ky) - \delta_d \cos(\omega_r t - ky)] \quad (2.1)$$

di mana δ_s , adalah tingkat eksentrisitas statis, δ_d adalah eksentrisitas dinamis dan ω_r adalah kecepatan rotasi rotor seperti yang dengan slip s . [2].

$$wr = \frac{(1-s)}{p} w \quad (2.2)$$

Dalam kasus eksentrisitas statis komponen *sideband* muncul pada frekuensi ditentukan pada persamaan yang ada, [4]

$$f_e = f_s \pm k f_r$$

Dimana

$$f_r = f_s \left(\frac{1-s}{p} \right) \quad (2.3)$$

f_r = frekuensi rotor

f_s = frekuensi fundamental

p = jumlah pasang kutub

s = slip, dengan slip yang ditentukan dengan persamaan di bawah ini

$$s = \frac{N_S - N_R}{N_R} \quad (2.4)$$

s = slip tiap unit

N_S = kecepatan stator

N_R = kecepatan rotor

Ketika dianalisis pada frekuensi domain, dua komponen *sideband* akan muncul di spectrum arus sekitar komponen fundamental pada frekuensi $(f - f_r)$ dan $(f + f_r)$.

Untuk penelitian kali ini difokuskan ke eksentrisitas statis, disebabkan oleh keovalan dari inti stator atau posisi yang tidak benar dari rotor dan stator saat comminsioning. Dengan asumsi bahwa rotor sangat padat sehingga level ekstrensitas tidak berubah [5].

2.3 Hubungan Arus Stator Dan Eksentrisitas Celah Udara

Teknologi yang paling menarik secara ekonomi dalam kondisi pemantauan motor induksi adalah pemantauan arus stator. Dalam sebagian besar aplikasi, arus stator motor induksi sudah tersedia karena digunakan untuk melindungi mesin dari arus lebih, ke tanah [8].

Dalam analisis spektrum arus saat ini, harmonik yang sebenarnya diukur pada saat mesin berjalan dan dibandingkan dengan nilai-nilai yang dikenal (ambang batas) yang diperoleh dari motor yang sehat. Dalam aplikasi praktis, ambang batas berubah dengan kondisi operasi motor [8].

Motor bisa dimodelkan dalam hal berputar seperti harmonik pada medan airgap stator dan rotor permukaan MMF gelombang harmonik. Dengan asumsi variasi sinusoidal gelombang stator MMF, kepadatan arus di permukaan bagian dalam stator dapat dinyatakan sebagai [2].

$$j_s(y, t) = J_s \sin(\omega t - p k y) \quad (2.3)$$

Dimana J_s adalah puncak kepadatan arus, ω adalah frekuensi pasokan (di rad/s), k adalah inverse dari rata-rata radius *air gap*, y adalah Jarak linier yang mengelilingi lingkaran celah udara dari beberapa titik dasar (jadi ky = sudut airgap dari titik dasar). Jika diasumsikan bahwa fluks melintasi celah udara normal, bahkan dengan rotor eksentrik, maka bidang celah udara dapat diturunkan seperti di bawah ini

$$b(y, t) = \Lambda(y, t) \int \mu_0 j(y, t) \cdot dy \quad (2.4)$$

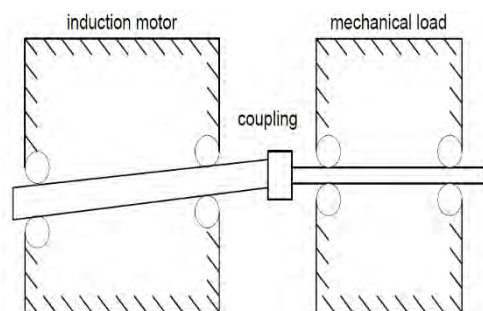
Dimana $\Lambda(y, t)$ adalah *air gap permeance* [2]. *Air gap permeance* Λ adalah proporsional dengan *inverse* panjang celah udara g , μ adalah permeabilitas magnetik *air gap* seperti persamaan berikut:

$$\Lambda = \frac{\mu}{g} \quad (2.5)$$

2.4 Efek Pembebanan

Dalam prakteknya, motor induksi biasanya digabungkan ke beban mekanik melalui kopling fleksibel. Pada tahap awal dari kesalahan rotor eksentrisitas, poros

motor bergeser dari posisi normal, sedangkan poros beban mekanik masih tetap. Kopel antara dua shaft ini benar-benar memungkinkan *misalignment* [5]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini. *Misalignment* adalah kondisi dimana terjadi penyimpangan pada titik pusat antara dua poros yang dihubungkan (dua poros terletak tidak pada satu sumbu) [5].



Gambar 2.3 Kopling antara motor induksi dan beban mekanik dalam kasus rotor eksentrisitas [5]

Dalam rotasi, *misalignment* mengarah ke beban torsi posisi-bervariasi yang ditunjukkan persamaan di bawah ini

$$T_{Load} = T_L + k \sin(\omega_m t) \quad (2.6)$$

Dimana T_L adalah beban konstan, k adalah amplitudo beban osilasi yang disebabkan oleh *misalignment*, dan ω_m adalah kecepatan mekanik yaitu sebesar $2\pi f_l(1 - s) / p$ [5].

2.5 Tegangan Tidak Seimbang

Dalam kinerja motor induksi, kualitas daya listrik yang masuk merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tegangan dan frekuensi yang ada. Ketidakseimbangan motor dapat merugikan kinerja dari motor yang disebabkan dari salah satu fasanya tidak sama. Tegangan masing-masing fasa pada sistem tiga fasa besarnya harus sama, simetris dan sudutnya sebesar 120° [9].

Ketidakseimbangan dalam suplai tegangan ke motor induksi dapat mengakibatkan degradasi performa motor dan juga memperpendek umur dari motor induksi. Sebagian kecil ketidakseimbangan tegangan dapat menghasilkan

ketidakseimbangan arus besar di arus motor yang mengakibatkan kenaikan suhu dan karenanya kegagalan isolasi pada motor [9].

Standar dari *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) dan *International Electrotechnical Commission* (IEC) memperkenalkan definisi untuk ketidak-seimbangan tegangan dan salah satunya digunakan untuk menganalisis mesin listrik [9]. Tegangan ketidakseimbangan persentase (VUP) di terminal mesin, berdasarkan definisi NEMA dapat dinyatakan sebagai

$$VUP = \frac{\text{maximum deviation average voltage}}{\text{average voltage}} \times 100\% \quad (2.7)$$

2.6 Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan suatu metode perhitungan cepat dari *Discrete Fourier Transform* (DFT) atau dengan kata lain FFT merupakan pengembangan dari DFT. DFT merupakan suatu metode perhitungan yang mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Biasanya DFT digunakan untuk keperluan analisis spektrum dalam domain frekuensi. Dengan menggunakan DFT, suatu sinyal dapat dilihat sebagai objek dalam domain frekuensi. DFT lebih cocok digunakan pada sinyal diskrit yang periodik dan simetri. Sinyal diskrit yang periodik dan simetri adalah sinyal diskrit yang terus berulang pada rentang waktu tertentu dan memiliki pencerminan disekitar titik tengahnya [11]. Secara matematis, DFT dari suatu sinyal diskrit $x[n]$ dengan menggunakan N titik dapat dilihat pada persamaan (2.8) dan (2.9).

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot W_N^{nk} \quad (2.8)$$

$$W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}, \quad (2.9)$$

Dimana k adalah $0, 1, 2, 3, \dots, N-1$

Secara numeris beban komputasi DFT cukup berat karena memerlukan sejumlah N^2 perkalian kompleks. Sedangkan FFT memiliki beban komputasi yang

lebih ringan dengan hanya memerlukan sejumlah $\frac{N}{2} \times \log_2 10 N$ perkalian kompleks. FFT dengan beban komputasi tersebut adalah untuk FFT jenis radix-2 [9].

Frekuensi resolusi dari FFT berhubungan dengan total panjang rentang waktu untuk memperhatikan banyaknya jumlah sampel dan frekuensi *sampling* yang digunakan. Semakin banyak jumlah sampel yang digunakan maka representasi sinyal akan semakin detail, sedangkan semakin besar frekuensi *sampling* yang digunakan maka rentang frekuensi dalam FFT akan semakin panjang. Secara matematis frekuensi resolusi dapat dilihat pada persamaan (2.10)[11]

$$\Delta f = \frac{F_s}{N} = \frac{1}{N \cdot T_s} \quad (2.10)$$

Dimana:

Δf = Frekuensi Resolusi

F_s = Frekuensi *Sampling*

T_s = Periode *Sampling*

N = Jumlah Sampel

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari Studi Literatur, Pengumpulan Data, Konfigurasi Sistem, Proses Akuisi Data, Rekontruksi Celah Udara pada Motor Induksi, Flow Chart Penelitian, dan Sistematika Laporan.

3.1 Studi Literatur

Penelitian ini diadakan untuk melanjutkan beberapa-beberapa penelitian yang telah ada sehingga berbagai studi literatur disuguhkan di Tugas Akhir maupun Tesis, dan dilakukan studi literatur dengan cara mencari bahan bacaan dari publikasi ilmiah internasional dan buku-buku teks yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Pada penelitian ini literatur-literatur yang digunakan adalah :

1. Referensi [1 dan 5] adalah menjelaskan tentang diagnosa kerusakan motor induksi dengan berbagai metode.
2. Referensi [2-7] adalah paper-paper yang menjelaskan tentang analisis dari kerusakan batang rotor dan *air gap eccentricity* dengan *current signature*.
3. Referensi [8-10] adalah paper-paper yang menjelaskan tentang ketidak-seimbangan tegangan pada motor induksi.
4. Referensi [11] adalah paper yang menjelaskan tentang proses digital signal

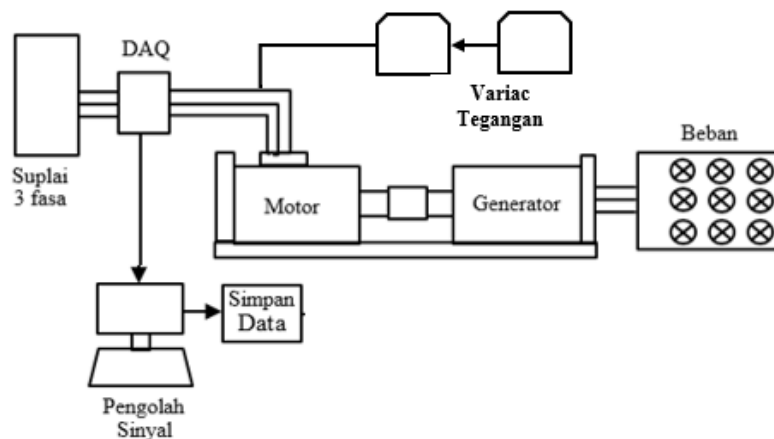
3.2 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan pada penelitian meliputi *current signature* untuk menganalisis motor induksi tiga fasa di kondisi *steady state*.

3.3 Konfigurasi Sistem

Sistem pada penelitian ini berbasis pada pengukuran arus masukan saat kondisi *steady state* motor induksi. Alat yang digunakan dalam pengukuran yaitu, *software* LabVIEW dan menggunakan DAQ. *Software* LabVIEW yang terintegrasi dengan DAQ untuk mengefisiesi pemilihan frekuensi sampling. Hasil dari spektrum arus akan diolah dengan metode *fast fourier transform* dengan menggunakan *software* LabVIEW dan Diadem.

Pada eksperimen ini dengan sumber tegangan AC yang menjadi sumber listrik bolak balik agar dapat mengoperasikan motor induksi tiga fasa sebesar 2 HP. Motor induksi tiga fasa akan di kopling dengan generator yang mempunyai beban elektrik. Di bawah ini adalah konfigurasi dari mekanisme untuk mendapatkan spektrum arus dari motor induksi tiga fasa.



Gambar 3.1 Konfigurasi Sistem

Motor induksi 3 fasa yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis rotor sangkar merk TATUNG dengan kapasitas 2 HP atau setara dengan 1,5 kW. Konfigurasi belitan yang digunakan adalah star (Y) sehingga motor induksi 3 fasa memiliki *rating* tegangan sebesar 380 V dan *rating* arus sebesar 3,95 A. Motor induksi 3 fasa yang digunakan memiliki jumlah pasang kutub sebanyak 4 buah sehingga memiliki kecepatan sinkron sebesar 1500 rpm dan kecepatan saat beban penuh sebesar 1380 rpm. Spesifikasi motor induksi 3 fasa yang digunakan dapat dilihat pada Gambar dan Tabel dibawah ini



Gambar 3.2 Motor Induksi 3 Fasa

Tabel 3.1 Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

Merk	TATUNG		
HP	2	Model	FBFC
Kw	1,5	AMB	40°
Volt	220 / 380	Rating	CONT
Amp	5.94 / 3,44	Ins	F
Hz	50	F.L. Eff	78,6 %
RPM	1380	F.L. input	1,91 kW
IP	5,5	Frame	D90L

3.3.1 Suplai Tegangan tidak Seimbang

Untuk tegangan tidak seimbang dalam penelitian ini, menggunakan dua buah variac tegangan (gambar 3.3). variac tegangan digunakan untuk mengatur atau mengubah tegangan output 380V dari sumber tiga fasa menjadi antar fasa 220 V. Tegangan input satu fasa dari variac yang digunakan untuk mengatur tegangan tidak seimbang sesuai data yang diujikan kemudian masuk ke motor untuk diambil data ketidakseimbangan tegangan. Data tegangan tidak seimbang yang diambil yaitu tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%, tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%, tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%, dan tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



Gambar 3.3 Variac Tegangan

3.3.2 Pembebanan

Untuk beban motor Tiap kondisi yang diuji dengan beban yang berbeda-beda pada motor. Generator sinkron (gambar 3.2) digunakan sebagai beban pada motor. Untuk dapat memvariasikan beban pada motor, output generator sinkron dihubungkan dengan beban resistif berupa lampu pijar berdaya 25 watt, 60 watt, dan 100 watt. Lampu pijar (gambar 3.4) disusun disebuah panel yang dilengkapi dengan saklar, sehingga perubahan beban pada motor dapat diatur melalui saklar tersebut. Dibawah ini adalah data pembebanan dalam melakukan pengujian

Tabel 3.2 Data pembebanan

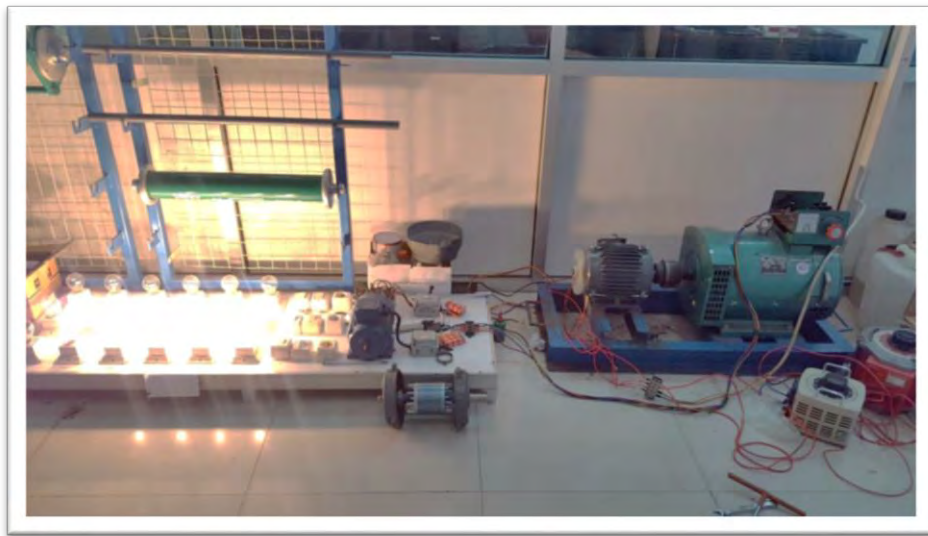
Beban (%)	Daya Input (watt)	Keterangan Beban
0	330	Motor
25	700	Generator
50	1070	Gen + (Lamp 4x25W)+(Lamp (5x60W)
75	1440	Gen + (Lamp 5x25W) +(6x60W)+(2x100W)
100	1810	Gen + (Lamp 6x25W)+(Lamp 5x60W)+(Lamp7x100W)

3.4 Proses Akuisi Data

Untuk penelitian ini peralatan akuisisi data yang akan digunakan yaitu alat NI DAQ-9246. DAQ digunakan sebagai media yang mengubah sinyal arus stator menjadi sekumpulan data secara digital dan melakukan akuisisi data untuk keperluan analisis. Pengaturan dari proses sampling pada DAQ dilakukan melalui *software* LabVIEW. Keluaran dari hasil sampling oleh DAQ melalui LabVIEW adalah berupa file TDMS (*Technical Data Management Streaming*). Untuk dapat melihat sinyal hasil sampling melalui file TDMS tersebut, dibutuhkan lagi satu *software* yakni DIAdem. Melalui *software* DIAdem, sinyal hasil proses sampling dapat diatur tampilannya. Selain itu, DIAdem juga dapat digunakan untuk

mengubah file TDMS tadi ke bentuk file .xls. File .xls hasil konversi oleh DIAdem berisi data teknis melalui proses sampling dan juga data arus dari ketiga fasa dan juga bisa langsung dilakukan proses analisa melalui *software* DIAdem. File .xls inilah yang akan digunakan sebagai input pada *software* MATLAB untuk bisa dilakukan proses analisa yang berupa hasil plotting spectrum.

Selain proses akuisi data, motor induksi, generator, beban elektrik, *variac* tegangan disusun sebaik mungkin yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini, untuk memudahkan pengujian atau analisa deteksi eksentrisitas celah udara.



Gambar 3.4 Peralatan penelitian deteksi eksentrisitas celah udara

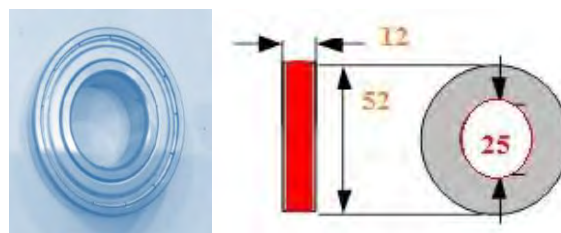
Dari peralatan yang telah disusun, selanjutnya melakukan langkah-langkah pengambilan data sebagai berikut:

1. Semua peralatan yang telah disusun, sudah dalam keadaan aktif yang terhubung ke sumber.
2. Nyalakan motor induksi, sampai mencapai kondisi *steady state*.
3. Gunakan *software* LabVIEW untuk mengukur arus stator dalam proses akuisi data.
4. Ulangi langkah 1 sampai 3 untuk kondisi tanpa beban dan berbeban sesuai persentase pembebanan kondisi tegangan seimbang pada motor normal.

5. Ulangi langkah 1 sampai 3, saat motor induksi dinyalakan atur *variac* tegangan untuk kondisi tegangan tidak seimbang tanpa dengan variasi pembebanan pada motor normal.
6. Ulangi langkah 1 sampai 3 untuk kondisi tanpa beban dan berbeban sesuai persentase pembebanan kondisi tegangan seimbang pada motor yang telah direkontruksi eksentrisitas celah udara.
7. Ulangi langkah 1 sampai 3, saat motor induksi dinyalakan atur *variac* tegangan untuk kondisi tegangan tidak seimbang dengan variasi pembebanan pada motor yang telah direkontruksi eksentrisitas celah udara.
8. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali.
9. Setelah langkah-langkah diatas telah selesai, kemudian lakukan analisa untuk semua data yang diperoleh.

3.5 Rekontruksi Celah Udara pada Motor Induksi

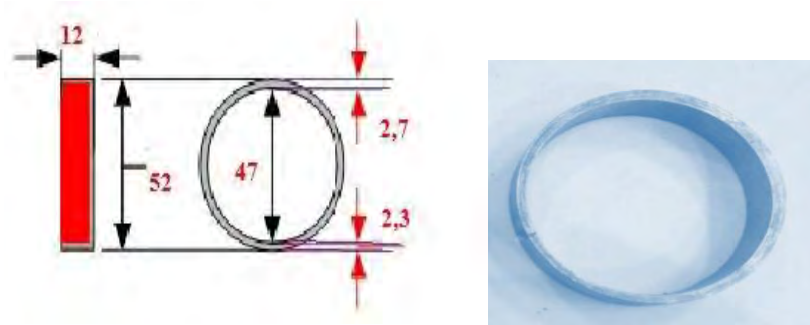
Dalam merekontruksi celah udara pada motor iduksi, ada baiknya melihat ukuran *bearing* normal. Dari ukuran *bearing* normal dijadikan acuan untuk mengubah ukuran agar putaran rotor yang tadinya selaras menjadi tidak simetris. Ukuran *bearing* normal dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.5 Bearing normal

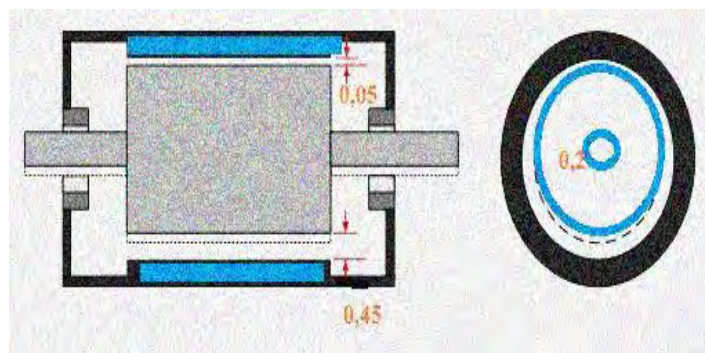
Bearing normal ini mempunyai ukuran dengan diameter luar 52 mm dan diameter dalam 25 mm. Untuk menjadikan rotor yang tidak selaras maka mengubah ukuran *bearing* normal menjadi ukuran diameter luar 47 mm dan untuk diameter dalam tetap dengan ukuran 25 mm. Kemudian agar *bearing* yang lebih presisi dipasang pada rumahan *bearing* yang semula dan juga untuk membuat menjadi tidak selaras maka dibuat ring *bearing* dengan diameter luar 52 mm dan diameter dalam 47 mm yang nantinya ring ini digunakan untuk melapisi *bearing* pengganti yang lebih kecil sehingga ukurannya sama dengan ukuran *bearing* yang semula.

Untuk membuat poros rotor tidak simetris atau eksentrisitas maka ketebalan ring *bearing* dibuat beda. Hasil mengubah ukuran *bearing* dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.6 Ring dengan ketebalan 0,2 mm

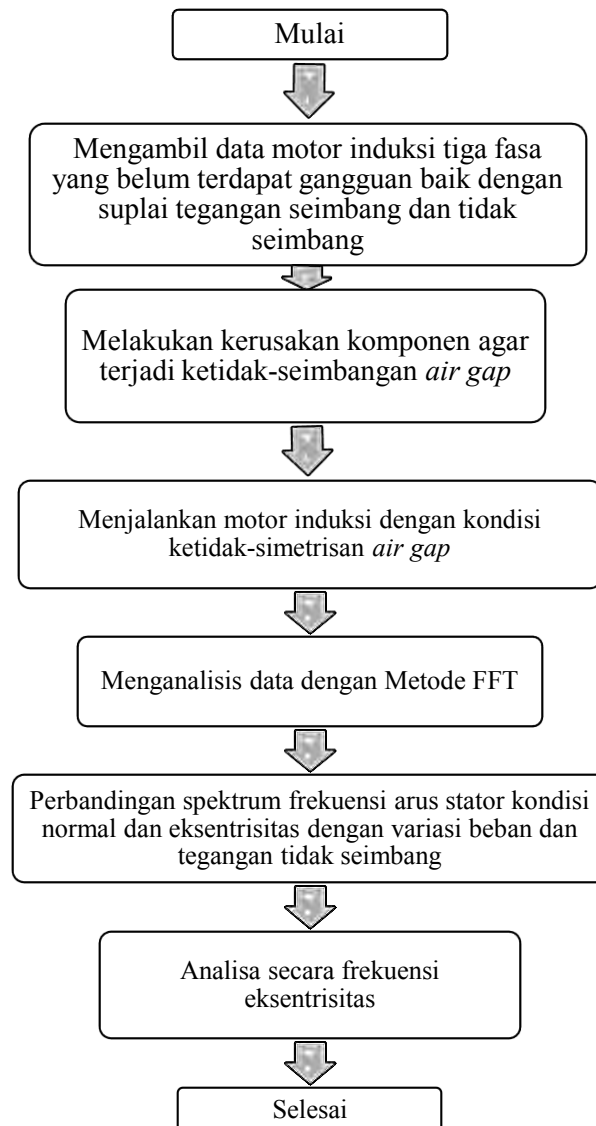
Ketebalan ring ini digunakan untuk melapisi *bearing* yang dibuat dengan ketebalan atas 2,7 mm dan bagian bawah 2,3 mm sehingga poros bergeser 0,2 mm yang juga membuat lebar celah udara menjadi tidak seimbang. Ring ini digunakan pada bagian depan dan bagian belakang rumah stator secara sejajar. Pada penelitian ini akan menggunakan eksentrisitas celah udara statis. Pada eksentrisitas jenis ini motor mengalami ketidak seimbang celah udara namun rotor dan stator tetap selaras. Oleh karena itu maka pemasangan ring *bearing* yang berbeda ketebalan akan dipasang selaras juga. Skema dari hasil pemasangan ring *bearing* yang selaras dapat terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3.7 Skema eksentrisitas celah udara

3.6 Diagram Alir Penelitian

Langkah – langkah penelitian yang akan dilakukan dapat dibuat dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 3.8 Diagram alir untuk melakukan eksperimen motor induksi tiga fasa dengan ketidak-simetrisan airgap.

3.7 Sistematika Laporan

Sistematika pembahasan pembuatan penulisan laporan dalam penelitian ini meliputi; Bab 1 : Pendahuluan, Bab 2: Kajian Pustaka, Bab 3: Metode Penelitian, Bab 4: Hasil dan Analisis, Bab 5: Kesimpulan dan Saran.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan memaparkan hasil pengujian yang telah dilakukan selama percobaan dan melakukan analisis tentang pengolahan data menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Pengujian ini dilakukan secara bertahap, yaitu pertama dimulai dari pengambilan data motor normal tanpa gangguan eksentrisitas dengan tegangan tidak seimbang dan variasi pembebanan. Setelah pengambilan data motor normal, tahap selanjutnya yaitu pengambilan data motor dengan gangguan eksentrisitas dengan tegangan tidak seimbang dan variasi pembebanan. Selain itu, untuk pembebanan sendiri mempunyai kategori dari daya yang mana motor tanpa dibebani, beban generator dan beban lampu pijar berdaya 25 watt, 60 watt dan 100 watt. Pengujian ini dilakukan untuk melihat efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang pada performansi motor dengan kondisi gangguan eksentrisitas. Proses pengambilan data dengan motor normal maupun kondisi eksentrisitas 0.2 mm dapat dilihat pada tabel 4.1. Dalam mendapatkan hasil analisa atau spectrum terdeteksinya adanya frekuensi eksentrisitas menggunakan 2 kasus kondisi motor, 5 kasus berbeban atau variasi beban dan 4 kasus tegangan tidak seimbang dapat ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Skema Pengambilan Data

Beban	Tegangan Tidak Seimbang	Kondisi Motor	Keterangan
0%	Seimbang	Motor Normal	Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali motor normal dan sepuluh kali motor eksentrisitas .
25%	Tidak Seimbang atau <i>over voltage</i> 5%	Motor Eksentrisitas 0.2 mm	
50%	Tidak Seimbang atau <i>under voltage</i> 5%		
75%	Tidak Seimbang atau <i>mix</i> 5%		
100%	Tidak Seimbang Unbalance atau <i>under voltage</i> 10%		

Tabel 4.2 Banyak kasus pengujian analisa

	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3
<i>Case</i>	Motor normal dan motor eksentrisitas kondisi seimbang beban 0%	Motor normal dan motor eksentrisitas kondisi seimbang dengan variasi beban	Motor normal dan motor eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan variasi beban
Frekuensi eksentrisitas	$f_s - f_r$ dan $f_s + f_r$	$f_s - f_r$ dan $f_s + f_r$	$f_s - f_r$ dan $f_s + f_r$
Fasa	3 fasa	3 fasa	3 fasa
Banyak data (N)	10	50	250

4.1 Persentase Pembebanan

Dalam penelitian ini, menggunakan beban mekanik yang berupa generator dan beban elektrik berupa lampu. Persentase pembebanan merupakan tingkatan beban yang dihitung dari keadaan tanpa beban dimana motor beroperasi tanpa terkopel dengan generator kemudian dilakukan pengukuran daya atau arus stator. Setelah itu motor di kopel dengan generator, generator disambungkan dengan lampu, lampu yang bervariasi antara 50 – 100 watt. Lampu digunakan sampai memiliki beban penuh dengan acuan arus maksimum yang terdapat pada *nameplate* motor sebesar 3,44 Ampere yang nantinya menjadi acuan beban penuh. Dalam mengukur pembebanan digunakan alat penunjang yaitu *power quality*. Hasil pengukuran pembebanan dapat dilihat di tabel 4.3.

Tabel 4.3 Persentase pembebanan pada motor induksi

Beban (%)	Keterangan Beban	Daya Beban (watt)
0	Motor	330
25	Generator	700
50	Gen + (Lamp 4x25W)+(Lamp 5x60W)	1070
75	Gen + (Lamp 5x25W) + (6x60W)+(2x100W)	1440
100	Gen + (Lamp 6x25W)+(Lamp 5x60W)+(Lamp 7x100W)	1810

4.2 Arus Stator Pada Motor Normal dan Motor Eksentrisitas

Dilakukannya analisa arus stator motor normal dan motor eksentrisitas adalah untuk melihat perubahan arus yang ada pada saat motor normal ke motor yang telah direkontruksi eksentrisitas celah udara.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran arus stator pada motor normal dan motor eksentrisitas

Beban	Tidak Seimbang	Arus Stator (Ampere)	
		Motor Normal	Motor Eksentrisitas
0%	Seimbang	1,65	1,57
	Tidak Seimbang 1	1,81	1,91
	Tidak Seimbang 2	1,59	1,58
	Tidak Seimbang 3	1,61	1,67
	Tidak Seimbang 4	1,62	1,54
25%	Seimbang	2,02	1,94
	Tidak Seimbang 1	1,94	2,01
	Tidak Seimbang 2	1,87	1,81
	Tidak Seimbang 3	1,81	1,91
	Tidak Seimbang 4	1,92	1,76
50%	Seimbang	2,39	2,40
	Tidak Seimbang 1	2,42	2,56
	Tidak Seimbang 2	2,24	2,31
	Tidak Seimbang 3	2,27	2,42
	Tidak Seimbang 4	2,37	2,23
75%	Seimbang	2,88	2,86
	Tidak Seimbang 1	2,94	3,03
	Tidak Seimbang 2	2,59	2,81
	Tidak Seimbang 3	2,77	2,95
	Tidak Seimbang 4	2,76	2,72
100%	Seimbang	3,51	3,96
	Tidak Seimbang 1	3,76	3,87
	Tidak Seimbang 2	3,61	3,63
	Tidak Seimbang 3	3,71	3,77
	Tidak Seimbang 4	3,53	3,58

Dalam kasus eksentrisitas menggunakan eksentrisitas 0,2 mm dimana terjadi pergeseran poros rotor 0,2 mm dari inti poros. Selain eksentrisitas digunakan juga beban yang bervariasi dan kondisi 4 tegangan tidak seimbang yaitu kondisi

over voltage 5%, under voltage 5%, mix voltage 5% dan *under voltage 10%*. Hasil dari pengukuran motor normal dan motor eksentrisitas dapat dilihat pada tabel 4.4

Hasil pengukuran pada tabel 4.4 menunjukkan adanya perubahan dari arus stator motor normal ke arus stator motor eksentrisitas. Pada motor eksentrisitas, perubahan arus stator tidak terlalu signifikan baik dalam kondisi motor normal seimbang maupun kondisi tegangan tidak seimbang. Perubahan arus stator lebih menunjukkan pada variasi beban, semakin bertambahnya beban maka nilai arus stator semakin besar juga. Sehingga ini menyebabkan bahwa arus stator tidak bisa dijadikan acuan dalam penentu adanya kondisi eksentrisitas pada motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara.

4.3 Letak Frekuensi Eksentrisitas Celah Udara

Berdasarkan persamaan (2.3), dalam menentukan frekuensi eksentrisitas celah udara, Setelah dianalisis pada frekuensi domain, dua komponen *sideband* akan muncul di spectrum arus sekitar komponen fundamental pada frekuensi $(f_s - f_r)$ dan $(f_s + f_r)$. Dalam pendeteksian eksentrisitas celah udara kondisi tegangan tidak seimbang dengan variasi beban, diambil *peak* nilai amplitudo pada frekuensi $(f - f_r)$ dan $(f_s + f_r)$. Sehingga hasil munculnya frekuensi eksentrisitas terdapat di sekitaran frekuensi 25 Hz dan 75 Hz frekuensi fundamental.

4.4 Hasil analisa deteksi frekuensi eksentrisitas celah udara

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat suplai tegangan tidak seimbang dan pembebanan pada kondisi motor normal dan motor eksentrisitas 0.2 mm. Pengambilan data dilakukan dengan nilai sampling sebanyak 25.000/detik dengan panjang data selama 1 detik. Dalam mengukur sinyal arus stator dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak yaitu LabVIEW, perangkat lunak ini digunakan untuk program utama dalam menampilkan dan memberikan perintah akuisisi data sinyal arus stator pada setiap fasa motor induksi. Perangkat lunak LabVIEW juga dikenal dengan sebutan VI atau *Virtual Instruments* karena tampilan dan sistem operasinya dapat meniru sebuah peralatan instrumentasi. Dalam LabVIEW Ada dua komponen penting di dalamnya yaitu *front panel* dan *block diagram*. *Front panel* adalah bagian *window* yang merupakan tampilan utama dari perangkat lunak

LabVIEW. *Front panel* digunakan untuk membangun sebuah VI, menjalankan program dan *mendebug* program. Diagram blok adalah bagian *window* yang berisi *source code* yang menggunakan fungsi representasi grafis untuk mengontrol objek dari *front panel*.

Selanjutnya dalam pengolahan sinyal arus stator dilakukan melalui perangkat lunak DIAdem. DIAdem ini digunakan untuk menampilkan sinyal hasil pengambilan data arus dari LabVIEW yang pada umumnya berformat .TDMS, DIAdem juga dapat melakukan analisa data arus baik berupa pemotongan ataupun pengolahan sinyal dengan metode-metode tertentu yang telah tersedia didalamnya. Pada penelitian ini DIAdem akan digunakan untuk melakukan olah sinyal arus dari semulanya berupa hasil dari domain waktu akan diubah menjadi domain frekuensi yang nantinya pada penelitian ini akan dilakukan pengamatan pada perubahan bentuk frekuensi apabila motor mengalami ketidak seimbang celah udara. Analisa data arus yang digunakan berupa algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) yang mengubah sinyal arus stator dari domain waktu ke domain frekuensi. Tujuan digunakannya algoritma FFT adalah untuk melakukan deteksi terjadinya ketidak selarasan celah udara melalui spektrum arus stator. Algoritma FFT yang digunakan merupakan jenis radix-2 yang menampilkan bentuk transformasi dalam 2 dimensi.

Setelah dari pengolahan sinyal arus dan kalkulasi menggunakan metode FFT menggunakan LabVIEW, hasil dari format TDMS diubah ke bentuk file *x/x*. File *x/x* merupakan konversi dari data teknis LabView, file ini akan digunakan dalam inputan MATLAB yang berupa gambar spectrum dari arus stator yang sudah dikalkulasikan menggunakan algoritma FFT di setiap fasa motor induksi 3 fasa.

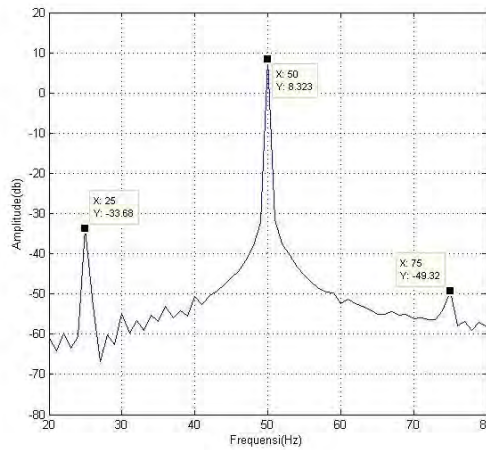
Untuk kondisi motor normal terdapat variasi tegangan yaitu tegangan seimbang dimana setiap nilai fasanya sama atau setiap fasanya bernilai 220 V, selanjutnya tegangan tidak seimbang pertama dengan dua nilai fasa lebih dari 5% atau fasa pertama seimbang (220 V) sedangkan dua fasa lainnya bernilai 231 V. Tegangan tidak seimbang kedua mempunyai nilai fasa kurang dari 5% atau fasa pertama 220 V sedangkan dua fasa lainnya bernilai 209 V, tegangan tidak seimbang ketiga dengan nilai fasanya berbeda yaitu satu fasa kurang dari 5% dan lebih dari

5% atau satu fasa pertama bernilai 220 V sedangkan dua fasa lainnya bernilai 231 V dan 209 V. Tegangan tidak seimbang keempat mempunyai nilai fasa kurang dari 10% atau dua fasa lainnya bernilai 198 V. Suplai tegangannya dibatasi dengan toleransi +5% dan -10%. Selain suplai tegangan tidak seimbang pada motor normal terdapat juga variasi pembebanan yaitu beban 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.

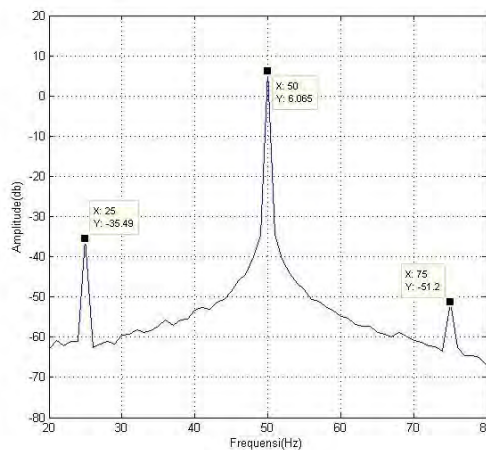
4.4.1 Analisa spektrum pada kondisi tegangan seimbang beban 0% (tanpa beban)

1. Pengujian analisa arus stator dalam keadaan motor normal

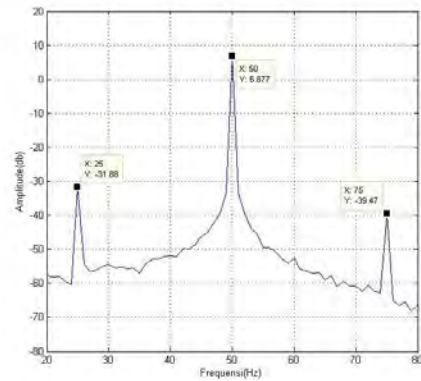
- Tegangan seimbang



(a)



(b)

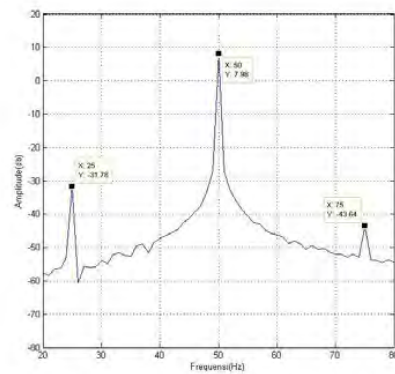


(c)

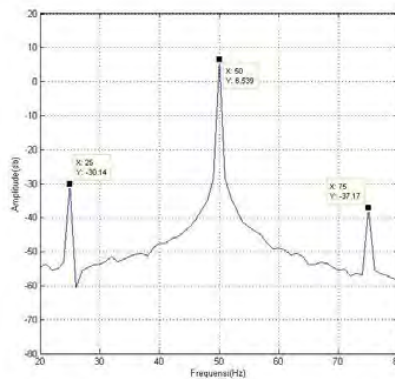
Gambar 4.1. Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi seimbang tanpa beban atau beban 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

2. Pengujian analisa arus stator dalam keadaan motor eksentrisitas 0,2 mm

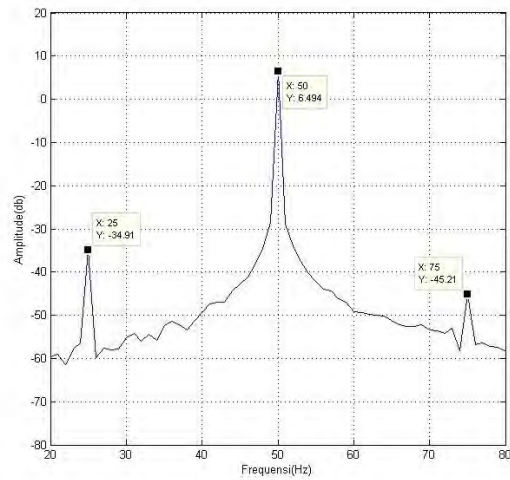
- Tegangan seimbang



(a)



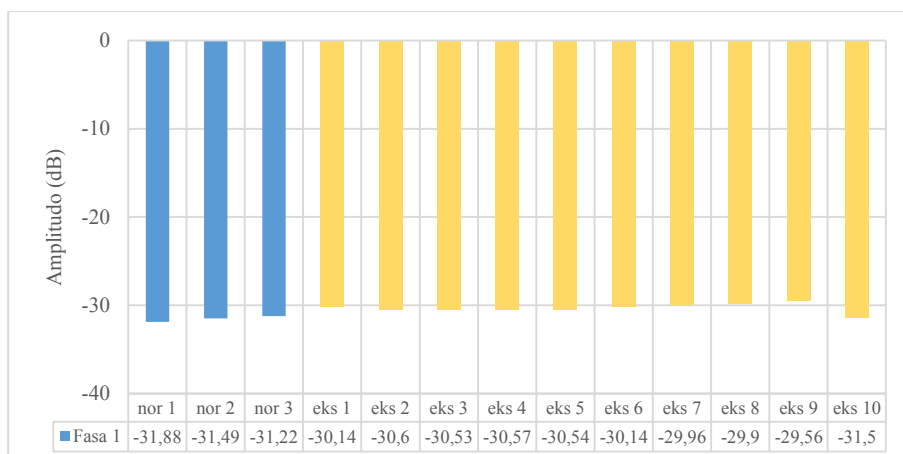
(b)



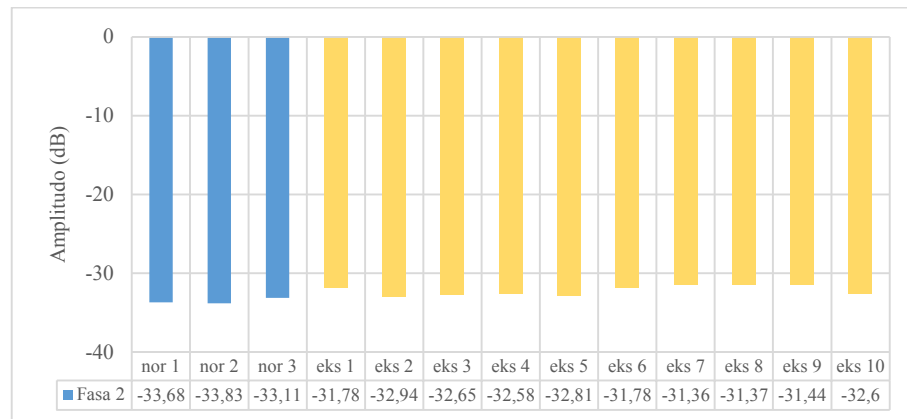
(c)

Gambar 4.2 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan seimbang tanpa beban atau beban 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

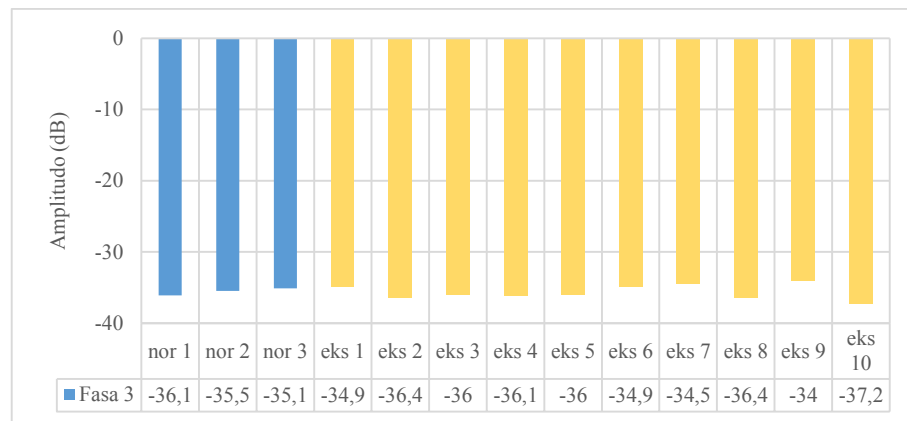
Pada hasil analisa spectrum frekuensi motor normal kondisi seimbang tanpa beban untuk memudahkan dalam melihat adanya kenaikan amplitudo antara motor normal dan motor eksentrisitas dapat dilihat pada gambar grafik kondisi motor normal dan motor eksentrisitas tegangan seimbang tanpa beban atau beban 0%.



(a)

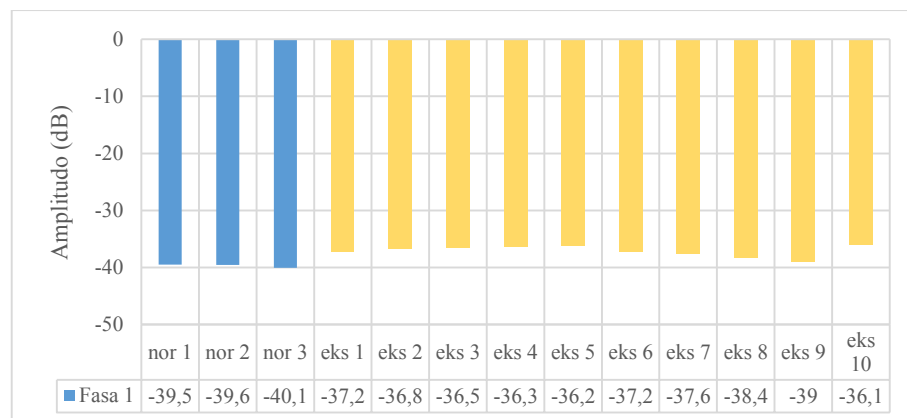


(b)

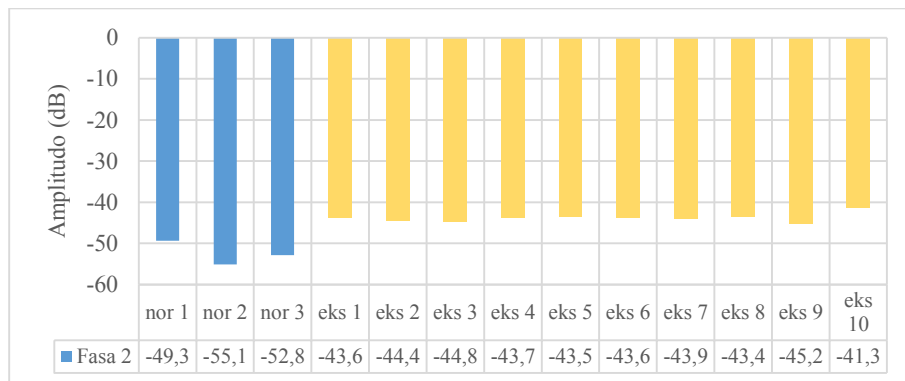


(c)

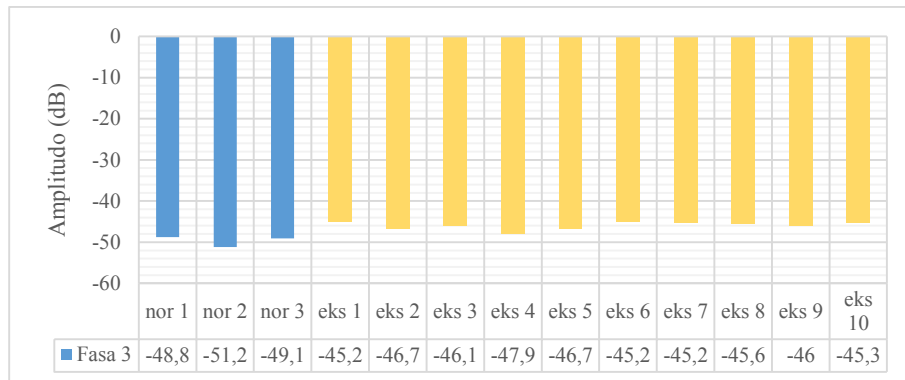
Gambar 4.3 Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan seimbang dengan beban 0% di sisi fs – fr (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.4 Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan seimbang dengan beban 0% di sisi fs + fr (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

Dalam penelitian ini, pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk mengurangi terjadinya error dalam keterbatasan alat ukur namun pengambilan data tiga kali digunakan juga untuk mencari nilai amplitudo (dB) maksimum dari tiga kali pengambilan data yang terlihat pada tabel 4.5, sedangkan untuk pengambilan data kondisi motor yang telah direkonstruksi celah udara dilakukan sebanyak sepuluh kali, ini dilakukan agar dapat menghitung persentase keberhasilan dalam pendeteksian gangguan motor. Gambar dari bentuk spectrum setiap fasanya pada motor normal dan motor eksentrisitas memiliki bentuk yang sama namun nilai amplitudo (dB) yang terlihat pada gambar spectrumnya berbeda untuk setiap pengambilan data yang dilakukan. Sehingga pada tabel 4.5 merupakan nilai amplitudo dalam satuan dB sebanyak 3 kali percobaan motor normal dan 10 kali motor eksentrisitas.

Dalam mencari nilai atau acuan perbandingan untuk mendeteksi adanya frekuensi eksentrisitas maka digunakan nilai maksimum di setiap fasa motor normal, selain itu dalam mendeteksi adanya frekuensi eksentrisitas di setiap percobaan, kita memakai algoritma OR dimana dalam pendeteksiannya jika salah satu fasa mengalami kenaikan amplitudo baik di sisi $f_s - f_r$ atau $f_s + f_r$ untuk motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara, maka sistem pendeteksian berhasil. Algoritma OR ini dilakukan juga untuk *case* selanjutnya.

Setelah didapatkan nilai maksimum di setiap fasanya, kita dapat membandingkan kondisi motor normal dan motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara di setiap fasanya.

Tabel 4.5 Amplitudo motor normal dan eksentrisitas seimbang tanpa beban

Case	Percobaan	$f_s - f_r$ (dB)			$f_s + f_r$ (dB)			Keterangan
		Fasa 1	Fasa 2	Fasa 3	Fasa 1	Fasa 2	Fasa 3	
Normal	1	-31.88	-33.68	-36.11	-39.47	-49.32	-48.78	merupakan nilai yang paling maksimum
	2	-31.49	-33.83	-35.49	-39.55	-55.13	-51.2	
	3	-31.22	-33.11	-35.12	-40.07	-52.84	-49.09	
Eksentrisitas	1	-30.14	-31.78	-34.91	-37.17	-43.64	-45.21	1
	2	-30.6	-32.94	-36.44	-36.75	-44.38	-46.66	1
	3	-30.53	-32.65	-36	-36.46	-44.77	-46.1	1
	4	-30.57	-32.58	-36.13	-36.33	-43.71	-47.91	1
	5	-30.54	-32.81	-35.99	-36.22	-43.48	-46.72	1
	6	-30.14	-31.78	-34.91	-37.17	-43.64	-45.21	1
	7	-29.96	-31.36	-34.54	-37.56	-43.91	-45.23	1
	8	-29.9	-31.37	-36.42	-38.39	-43.44	-45.61	1
	9	-29.56	-31.44	-34	-39.02	-45.2	-45.99	1
	10	-31.5	-32.6	-37.21	-36.06	-41.28	-45.32	1

Ket : 0 ➔ Tidak ada puncak amplitudo yang terdeteksi pada kondisi eksentrisitas

1 ➔ Amplitudo terdeteksi pada salah satu fasa atau lebih untuk kondisi eksentrisitas

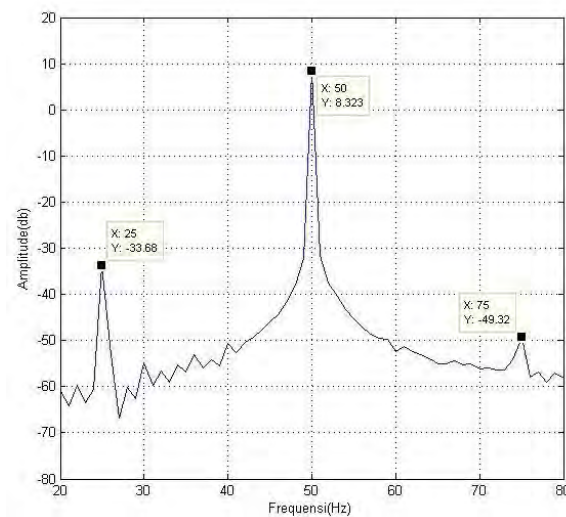
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa ada tiga kali percobaan motor eksentrisitas yang terdeteksi dengan adanya kenaikan amplitudo pada frekuensi eksentrisitas. Hasil dari tabel diatas, didapatkan nilai amplitudo maksimum yaitu sebesar -31,22 dB -33,11 dB, -35,12 untuk $f_s - f_r$ sedangkan pada $f_s + f_r$ yaitu -39,47 dB, -49,32 dB, -48.72 dB. Sehingga untuk persentase keberhasilannya adalah

$$\% = \frac{\text{jumlah terdeteksi eksentrisitas}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100$$

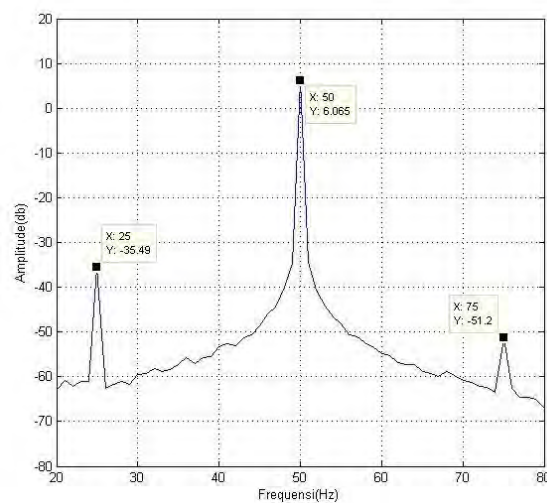
Dan didapatkan persentase keberhasilan terdeteksi adanya frekuensi eksentrisitas pada motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara yaitu 100%.

4.4.2 Analisa spectrum pada kondisi seimbang dengan variasi beban

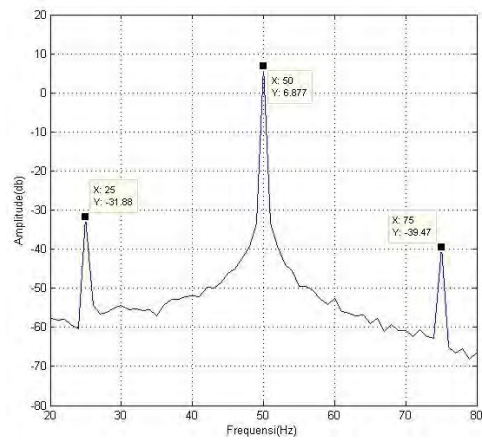
1. Pengujian analisa arus stator berbeban kondisi seimbang motor normal
 - Motor normal beban 0%



(a)



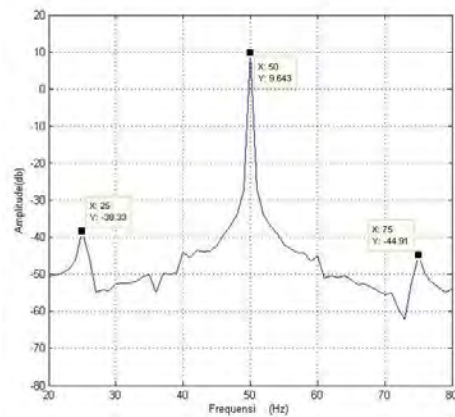
(b)



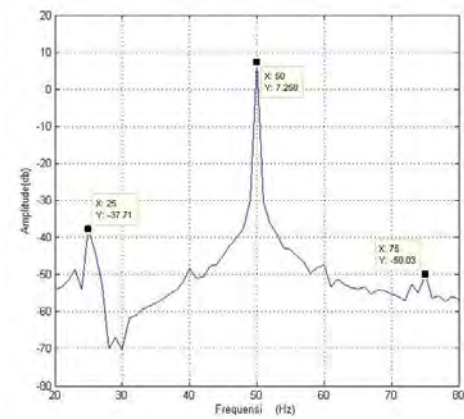
(c)

Gambar 4.5 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang tanpa beban atau beban 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

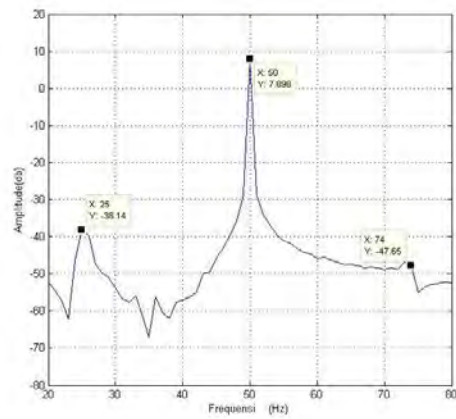
- Normal beban 25%



(a)



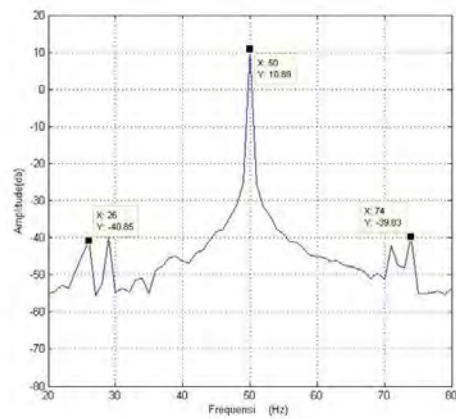
(b)



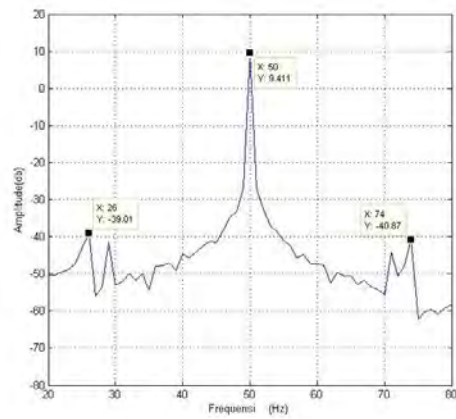
(c)

Gambar 4.6 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

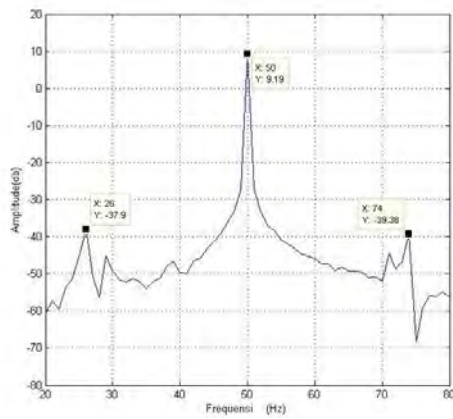
- Normal beban 50%



(a)



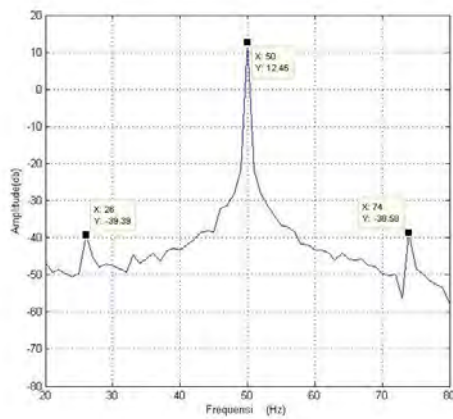
(b)



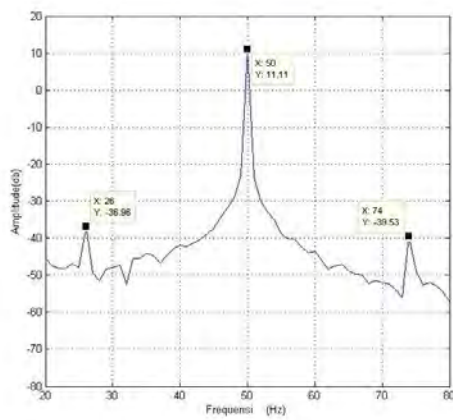
(c)

Gambar 4.7 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

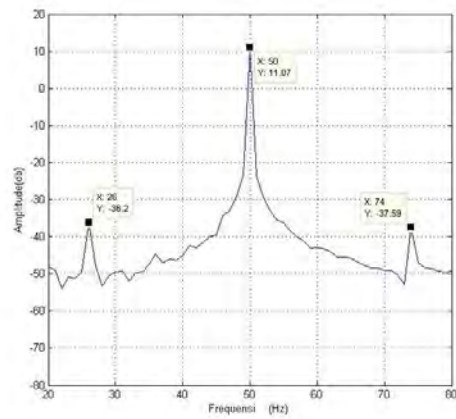
- Normal beban 75%



(a)



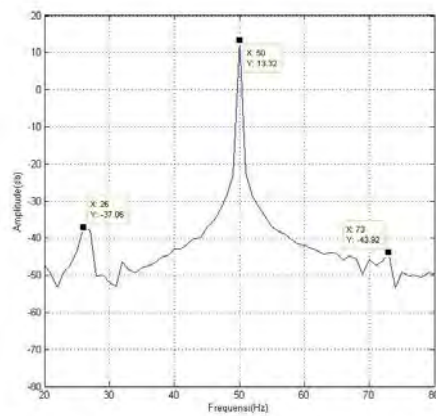
(b)



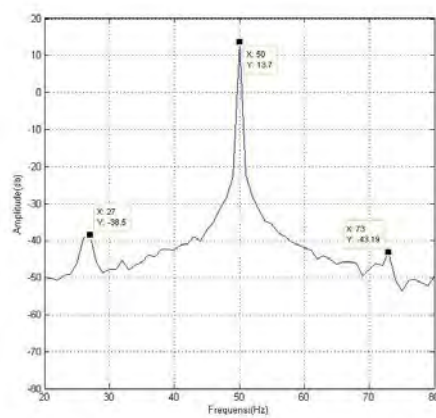
(c)

Gambar 4.8 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

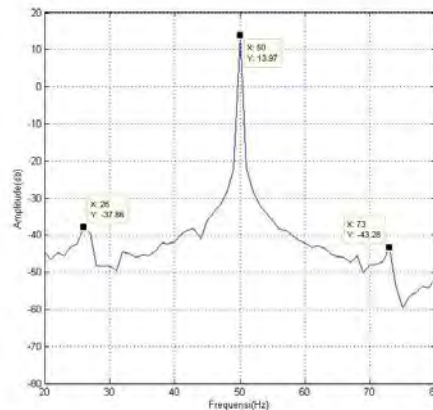
- Normal beban 100%



(a)



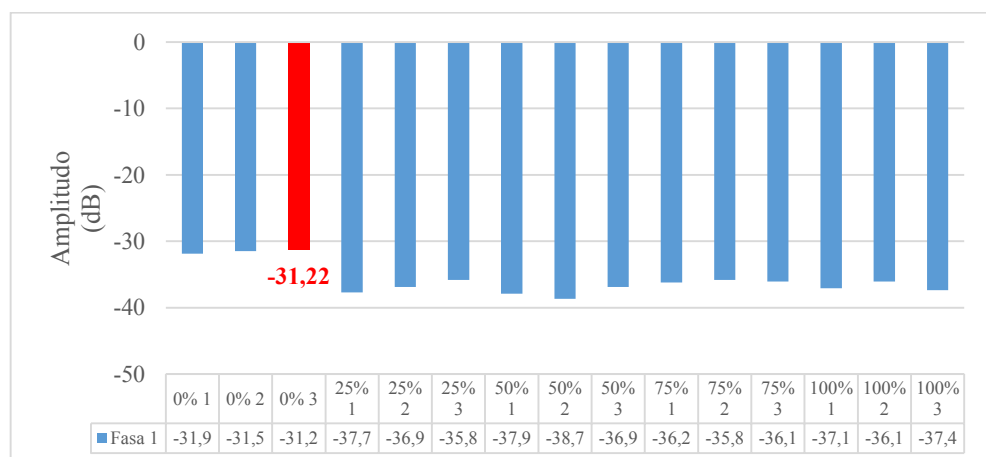
(b)



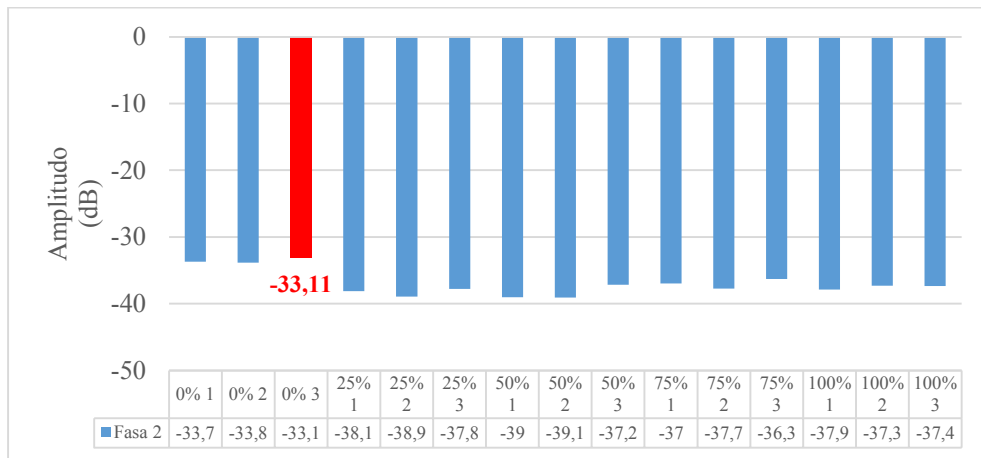
(c)

Gambar 4.9 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan seimbang beban 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

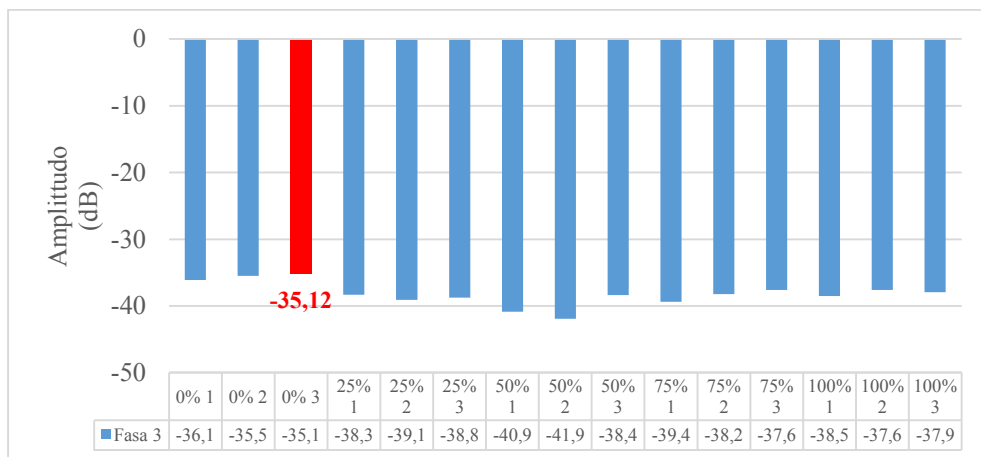
Gambar diatas merupakan spectrum dari kondisi motor normal tegangan seimbang dengan variasi beban 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% untuk percobaan pertama, dalam melakukan penelitian ini terdapat tiga kali percobaan pada kondisi motor normal. Untuk memudahkan pendeteksian frekuensi eksentrisitas pada motor yang telah direkontruksi eksentrisitas celah udara, maka dicari amplitudo yang paling tinggi atau nilai maksimum dari tiga kali percobaan di setiap fasanya sisi fs – fr dan sisi fs + fr. Di bawah ini adalah grafik dari tiga kali percobaan dengan variasi beban.



(a)



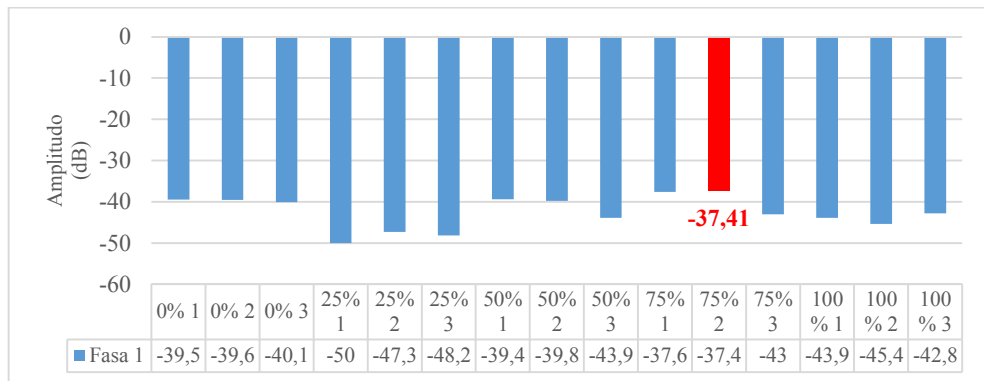
(b)



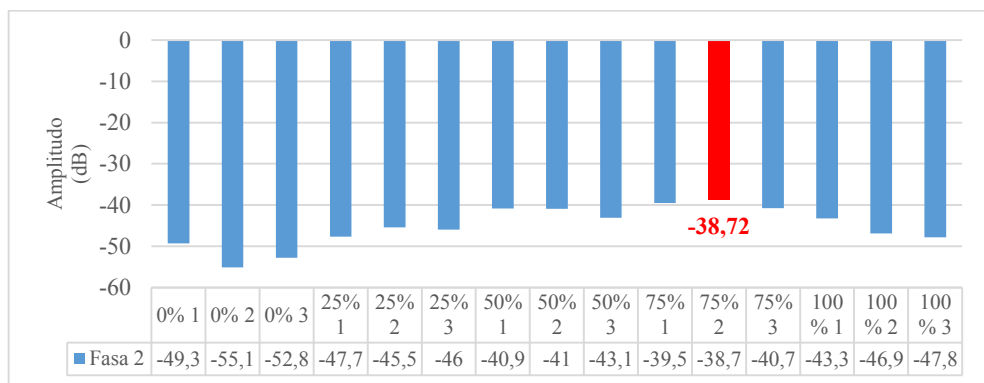
(c)

Gambar 4.10 Grafik amplitudo motor normal kondisi tegangan seimbang dengan variasi beban di sisi $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

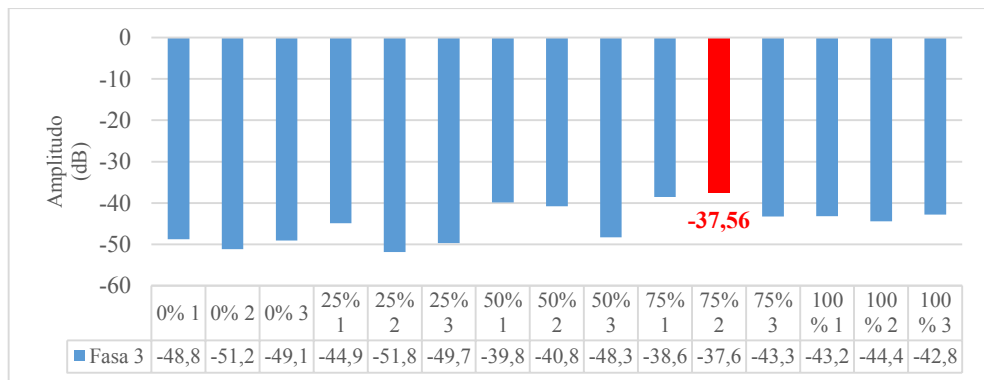
Dari gambar grafik didapatkan nilai amplitudo yang paling tinggi atau jumlah maksimum dari semua percobaan dengan variasi beban sebesar -31,22 dB fasa 1, -33,11 dB fasa 2, dan -35,12 dB fasa 3 untuk sisi frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$. Sedangkan untuk sisi frekuensi eksentrisitas $f_s + f_r$ dapat dilihat pada gambar di bawah ini



(a)



(b)



(c)

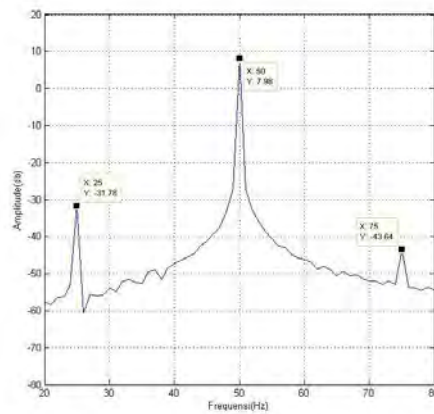
Gambar 4.11 Grafik amplitudo motor normal kondisi seimbang dengan variasi beban disisi fs + fr, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

Dari gambar grafik didapatkan nilai amplitudo yang paling tinggi atau jumlah maksimum dari semua percobaan dengan variasi beban sebesar -37,41 dB fasa 1, -38,72 dB fasa 2, dan -37,56 dB fasa 3 untuk sisi frekuensi eksentrisitas fs + fr. Setelah didapatkan nilai amplitudo yang paling tinggi dari semua percobaan

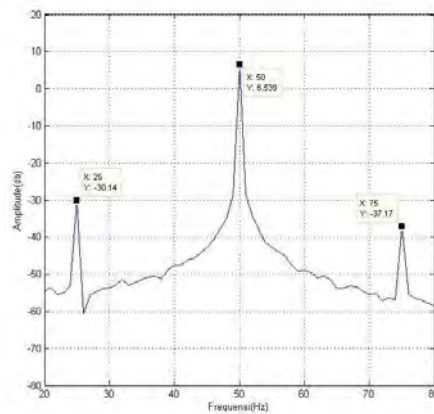
pada kondisi motor normal seimbang dengan variasi beban, selanjutnya dilakukan perbandingan dengan motor eksentrisitas seimbang untuk semua beban. Di bawah ini adalah gambar spectrum dari motor eksentrisitas 0,2 mm.

2. Pengujian analisa arus stator berbeban kondisi seimbang motor eksentrisitas 0,2 mm

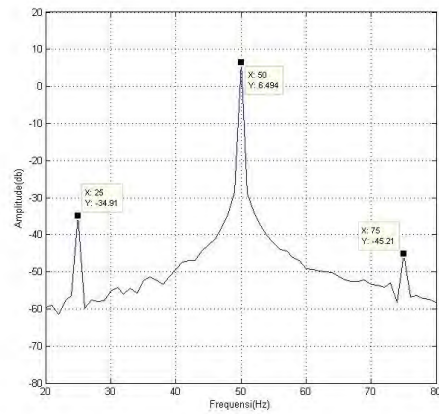
- Motor eksentrisitas beban 0%



(a)



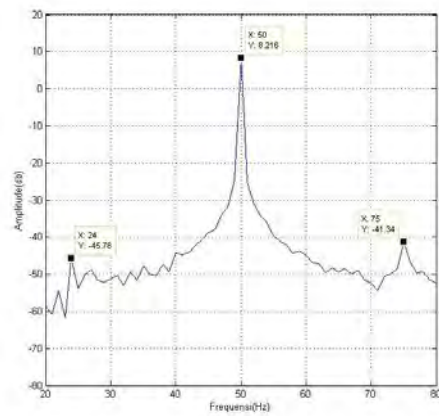
(b)



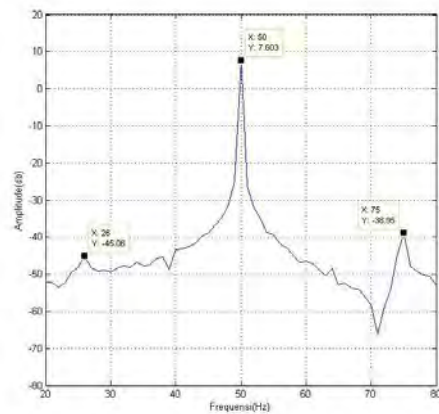
(c)

Gambar 4.12 Grafik amplitudo motor normal kondisi seimbang dengan variasi beban disisi $f_s + f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

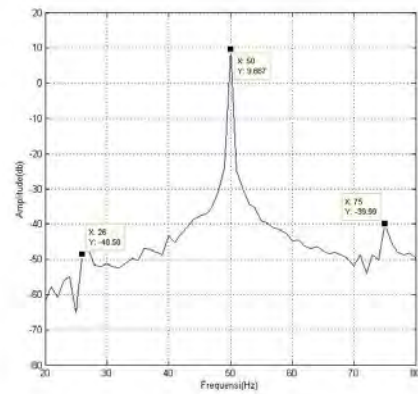
- Motor eksentrisitas beban 25%



(a)



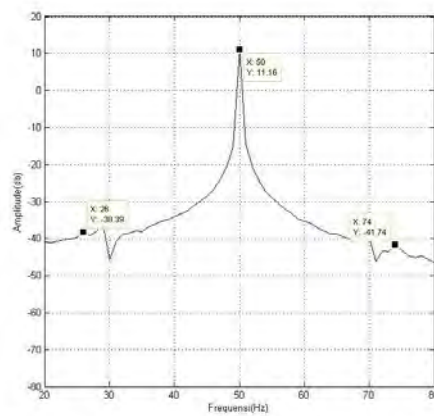
(b)



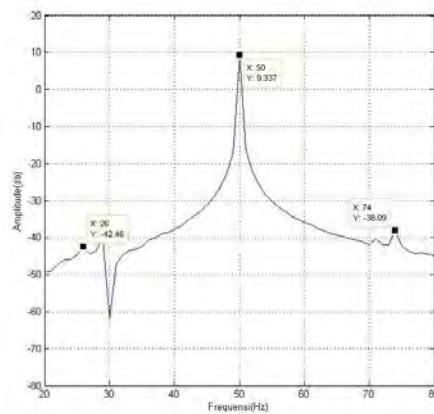
(c)

Gambar 4.13 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

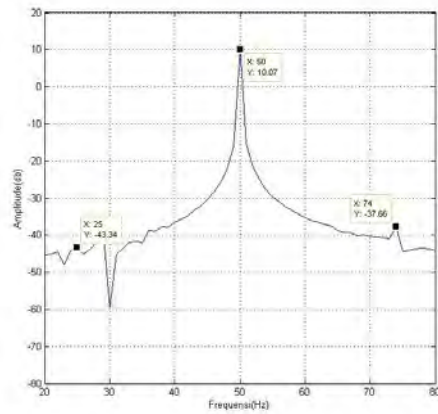
- Motor eksentrisitas beban 50%



(a)



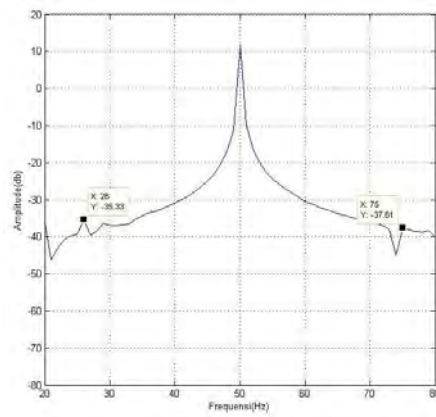
(b)



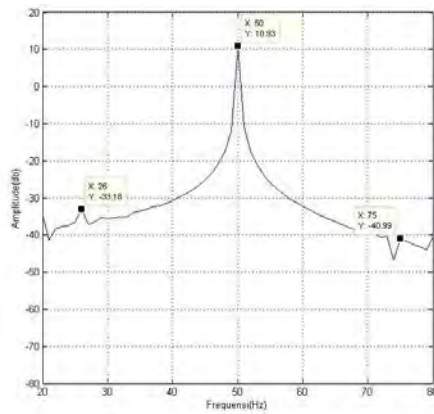
(c)

Gambar 4.14 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

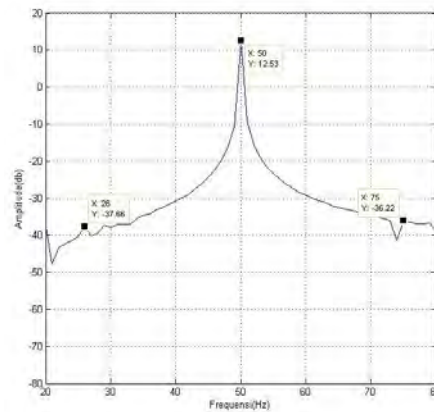
- Motor eksentrisitas beban 75%



(a)



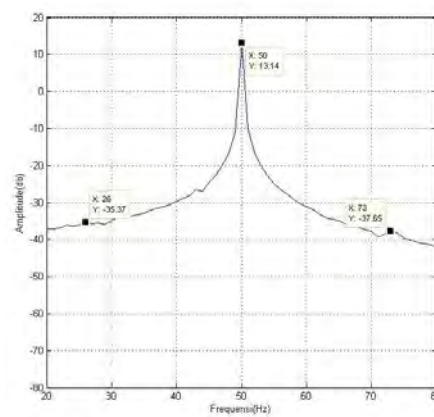
(b)



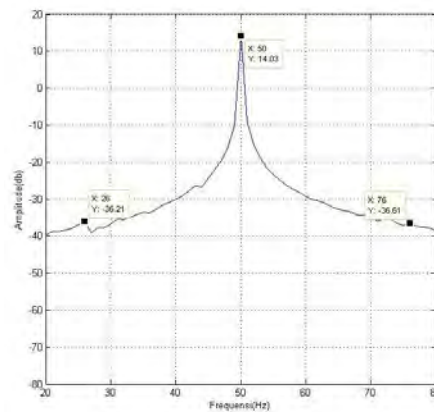
(c)

Gambar 4.15 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

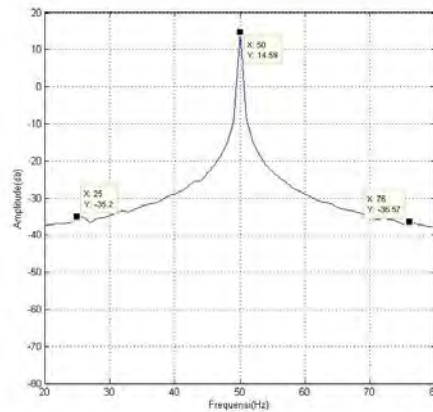
- Motor eksentrisitas beban 100%



(a)



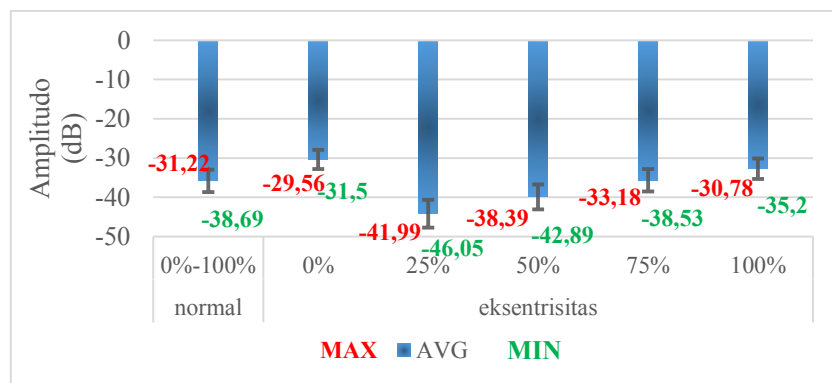
(b)



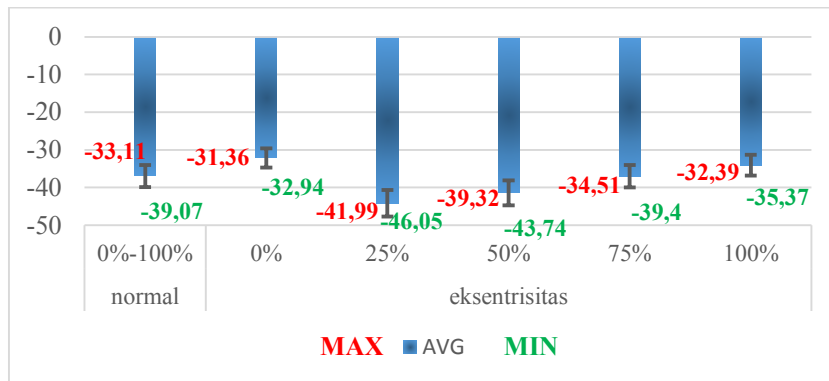
(c)

Gambar 4.16 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi seimbang beban 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

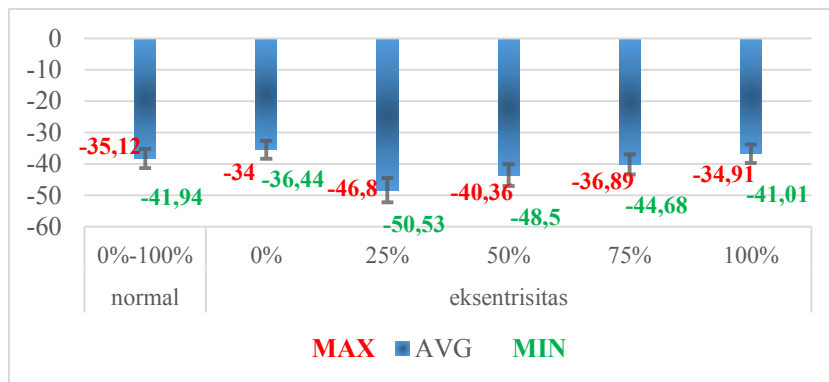
Gambar diatas merupakan spectrum dari kondisi motor eksentrisitas 0,2 mm tegangan seimbang dengan variasi beban 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% untuk percobaan pertama, dalam melakukan penelitian ini terdapat 10 kali percobaan. Hasil yang didapatkan pada motor eksentrisitas ini akan dibandingkan dengan nilai amplitudo yang paling tinggi pada motor normal tegangan seimbang. Perbandingan motor normal dan motor eksentrisitas dapat dilihat di bawah ini



(a)

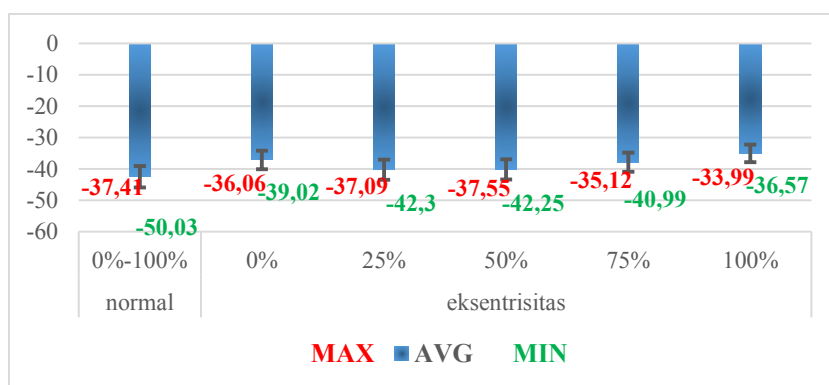


(b)

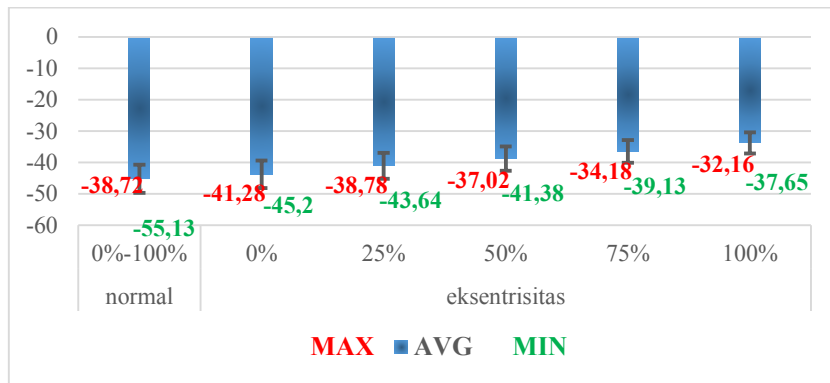


(c)

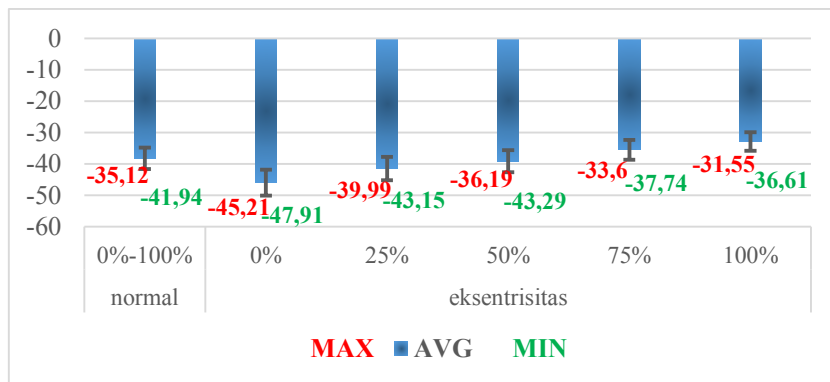
Gambar 4.17 Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas kondisi seimbang dengan variasi beban pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.18 Grafik amplitudo motor normal dan motor eksentrisitas kondisi seimbang dengan variasi beban pada frekuensi eksentrisitas $f_s + f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

Nilai amplitudo yang paling tinggi di setiap fasa sisi frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$ dan $f_s + f_r$ motor normal kondisi seimbang variasi beban dianalisa dengan motor eksentrisitas 0,2 mm ditunjukkan pada tabel.

Tabel 4.6 Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas seimbang dengan variasi beban

Case	Beban	Percobaan	$f_s - f_r$ (dB)			$f_s + f_r$ (dB)			ket
			Fasa 1	Fasa 2	Fasa 3	Fasa 1	Fasa 2	Fasa 3	
Normal	0%-100%	Semua	-31.22	-33.11	-35.12	-37.41	-38.72	-37.56	—
E k s e n t r i s i t a s	0%	1	-30.14	-31.78	-34.91	-37.17	-43.64	-45.21	1
		2	-30.6	-32.94	-36.44	-36.75	-44.38	-46.66	1
		3	-30.53	-32.65	-36	-36.46	-44.77	-46.1	1
		4	-30.57	-32.58	-36.13	-36.33	-43.71	-47.91	1
		5	-30.54	-32.81	-35.99	-36.22	-43.48	-46.72	1
		6	-30.14	-31.78	-34.91	-37.17	-43.64	-45.21	1
		7	-29.96	-31.36	-34.54	-37.56	-43.91	-45.23	1
		8	-29.9	-31.37	-36.42	-38.39	-43.44	-45.61	1
		9	-29.56	-31.44	-34	-39.02	-45.2	-45.99	1
		10	-31.5	-32.6	-37.21	-36.06	-41.28	-45.32	1
	25%	1	-45.06	-45.78	-48.58	-38.95	-41.34	-39.99	0
		2	-41.99	-45.97	-47.06	-41.05	-41.24	-42.94	0
		3	-43.03	-44.77	-50.53	-40.12	-38.7	-40.1	1
		4	-42.73	-43.96	-49.8	-39.79	-42.67	-41.99	0
		5	-42.63	-44.33	-48.05	-40.97	-42.55	-41.2	0
		6	-45.69	-47.17	-48.13	-39.42	-41.14	-41.39	0
		7	-42.88	-45.75	-46.8	-41.21	-43.64	-43.15	0
		8	-46.05	-46.07	-48.46	-37.09	-40.44	-40.76	0
		9	-45.75	-46.04	-46.92	-41.26	-39.38	-40.93	0
		10	-45.88	-46.23	-49.02	-42.3	-39.61	-42.14	0
	50%	1	-38.39	-42.46	-43.34	-41.74	-38.09	-37.66	1
		2	-38.63	-40.25	-40.57	-42.25	-38.09	-39.12	1
		3	-41.04	-43.22	-44.95	-38.28	-37.02	-36.5	1
		4	-40.03	-40.82	-45.36	-38.66	-37.44	-37.63	0
		5	-38.39	-39.32	-43.11	-41.51	-40.45	-40.41	0
		6	-40.59	-41.31	-42.16	-41.43	-41.38	-39.53	0
		7	-40.7	-41.25	-41.89	-40.87	-39.12	-43.29	0
		8	-42.89	-43.74	-48.5	-38.64	-40.59	-40.4	0
		9	-39.42	-42.36	-45.42	-37.55	-37.63	-36.19	1
		10	-38.55	-39.38	-40.36	-40.21	-38.05	-40.73	1
	75%	1	-33.18	-35.33	-37.66	-40.99	-37.61	-36.22	1
		2	-38.53	-39.4	-44.68	-36.15	-35.57	-33.6	1
		3	-34.26	-34.51	-37.84	-40.26	-39.13	-36.1	1
		4	-34.21	-35.95	-36.89	-39.85	-36.79	-37.74	1
		5	-34.18	-36.85	-37.46	-38.51	-38.55	-37.65	1
		6	-37.61	-38.05	-40.87	-36.16	-35	-33.79	1
		7	-34.02	-35.92	-38.99	-39.38	-38.14	-37.45	1
		8	-36.23	-37.01	-40.87	-36.16	-35	-33.79	1
		9	-37.48	-38.47	-42.8	-35.12	-35.04	-34.11	1
		10	-36.69	-38.6	-43.76	-36.11	-34.18	-34.8	1
	100%	1	-35.2	-35.37	-36.21	-36.57	-37.65	-36.61	1
		2	-34.22	-34.78	-41.01	-34.94	-34.09	-32.59	1
		3	-32.96	-33.8	-37.67	-35.43	-34.14	-33.05	1
		4	-33.22	-34.27	-37.37	-35.66	-33.5	-32.45	1
		5	-33.27	-33.7	-37.18	-33.99	-33.7	-32.14	1
		6	-31.59	-34.33	-35.79	-35.36	-32.9	-33.78	1
		7	-31.15	-33.72	-34.94	-34.12	-34.12	-31.55	1
		8	-32.43	-33.84	-36.16	-34.37	-32.38	-31.84	1
		9	-32.13	-34.43	-36.26	-34.57	-32.16	-31.94	1
		10	-30.78	-32.39	-34.91	-35.27	-32.84	-32.66	1

Ket : 0 ➔ Tidak ada puncak amplitudo yang terdeteksi pada kondisi eksentrisitas

1 ➔ Amplitudo terdeteksi pada salah satu fasa atau lebih untuk kondisi eksentrisitas

Untuk melihat Persentase keberhasilannya yaitu

$$\% = \frac{\text{jumlah terdeteksi eksentrisitas}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100$$

Dan didapatkan bahwa terdapat 36 percobaan yang terdeteksi adanya kenaikan amplitudo sehingga persentase keberhasilan terdeteksi yaitu 72 % pada motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara kondisi seimbang dengan variasi beban.

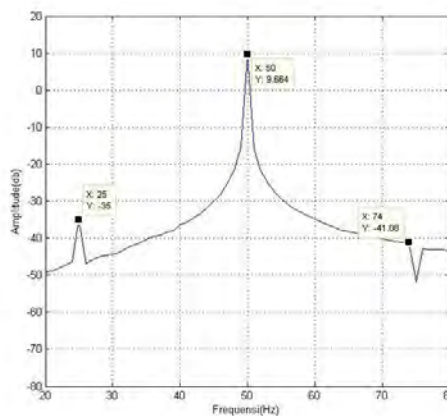
4.4.3 Analisa spectrum pada kondisi tidak seimbang

1. Pengujian analisa arus stator kondisi tidak seimbang motor normal dengan variasi beban

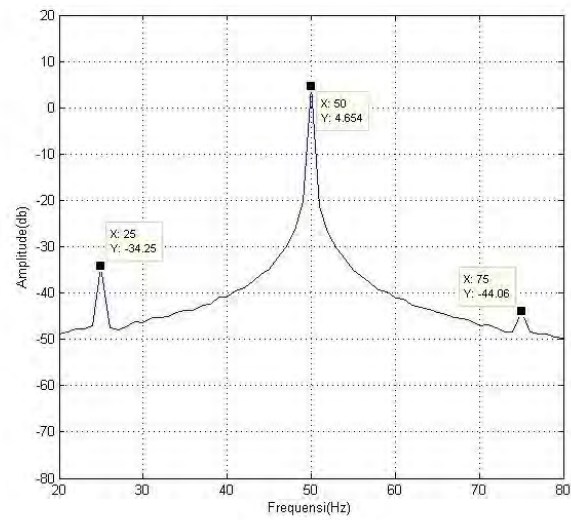
Dalam pengujian analisa arus stator pada motor normal dengan variasi beban, diambil sebanyak empat kasus tegangan tidak seimbang yaitu tegangan tidak seimbang pertama atau *over voltage* 5%, tegangan tidak seimbang kedua atau *under voltage* 5%, tegangan tidak seimbang ketiga atau *mix voltage* 5%, dan tegangan tidak seimbang keempat atau *under voltage* 10%.

a. Beban 0%

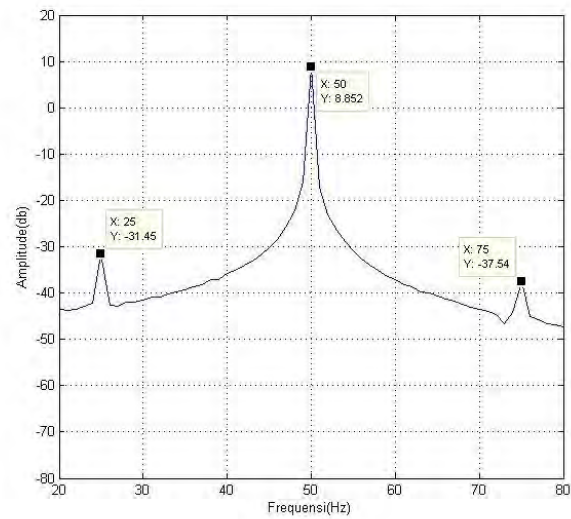
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5% beban 0%



(a)



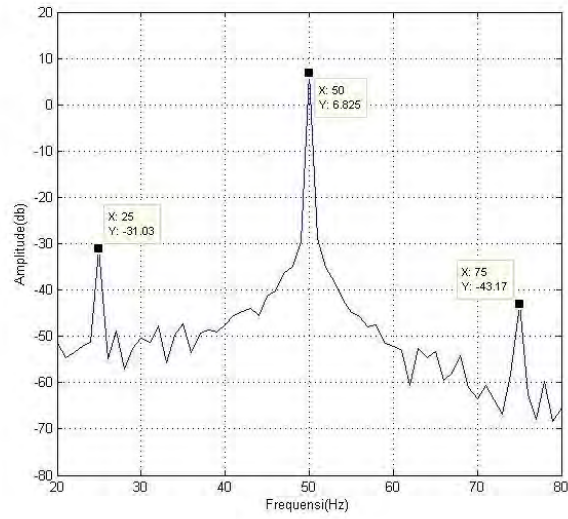
(b)



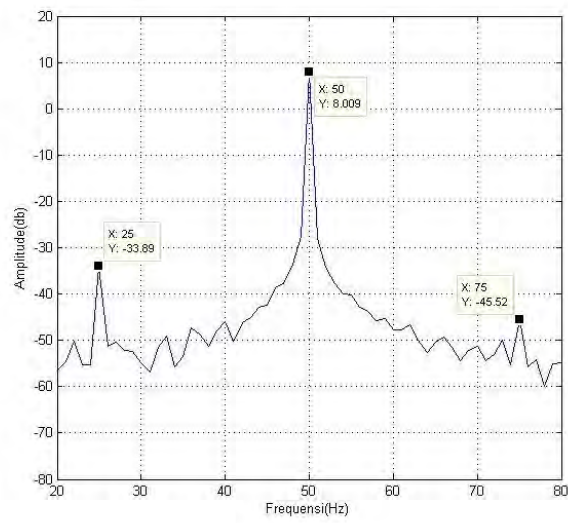
(c)

Gambar 4.19 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

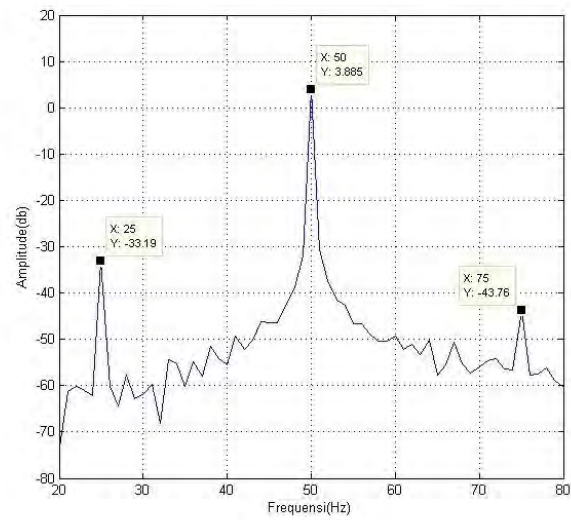
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



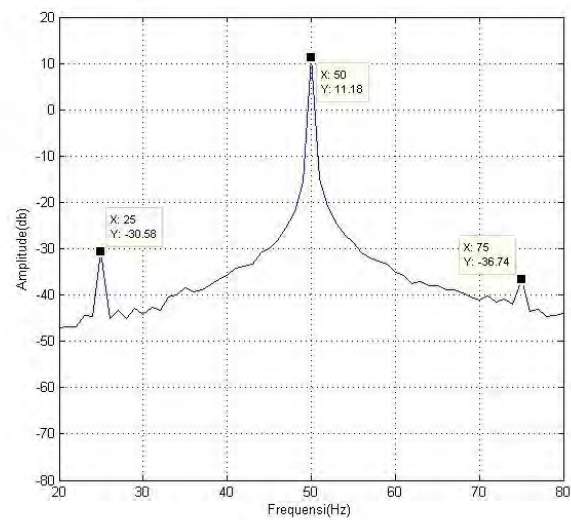
(b)



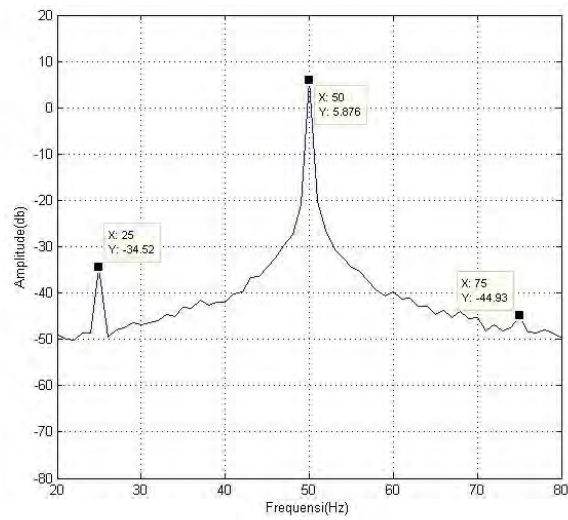
(c)

Gambar 4.20 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

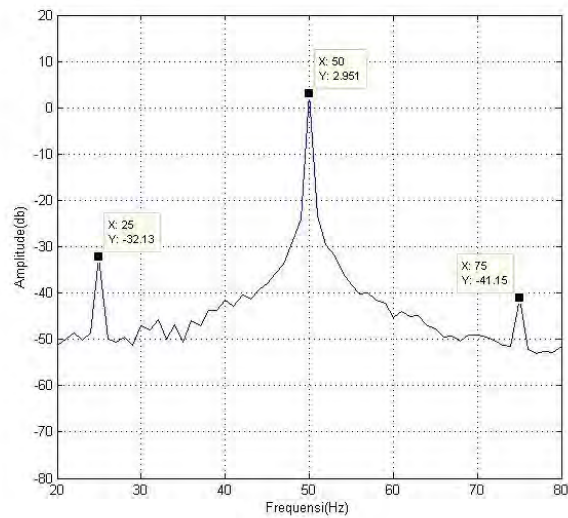
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



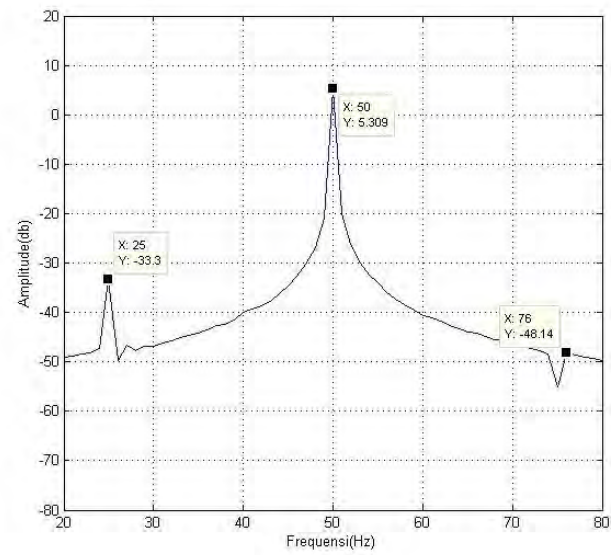
(b)



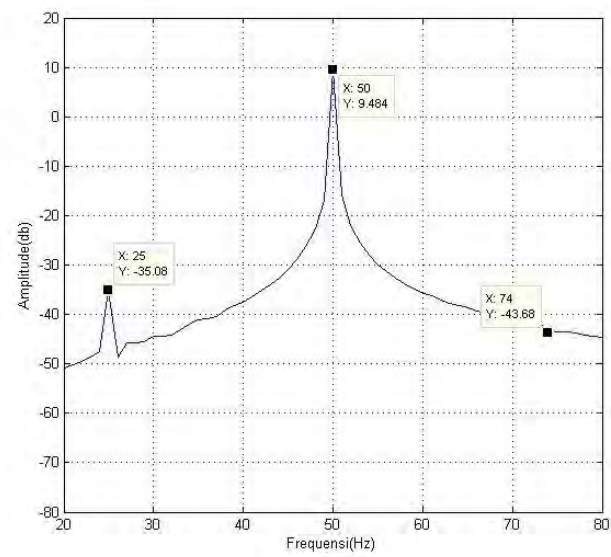
(c)

Gambar 4.21 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

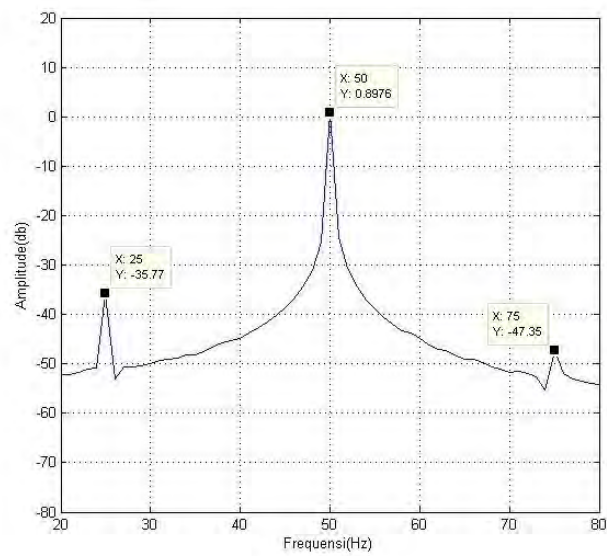
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



(a)



(b)

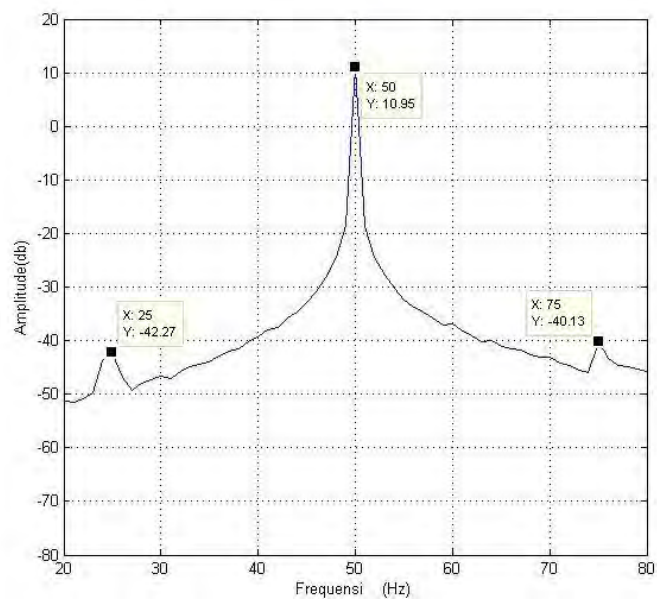


(c)

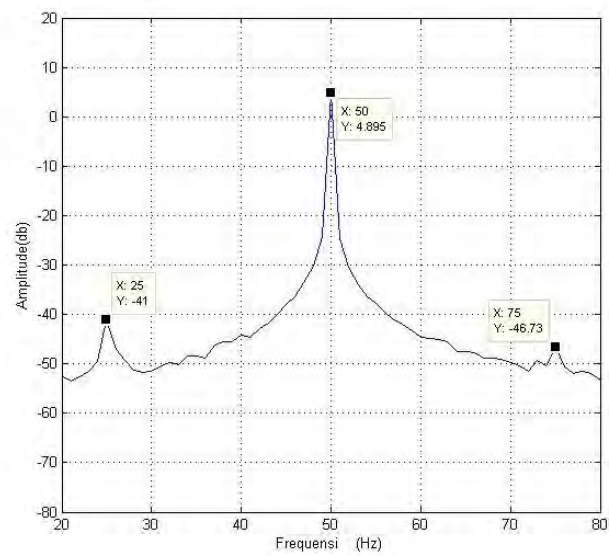
Gambar 4.22 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

b. Beban 25%

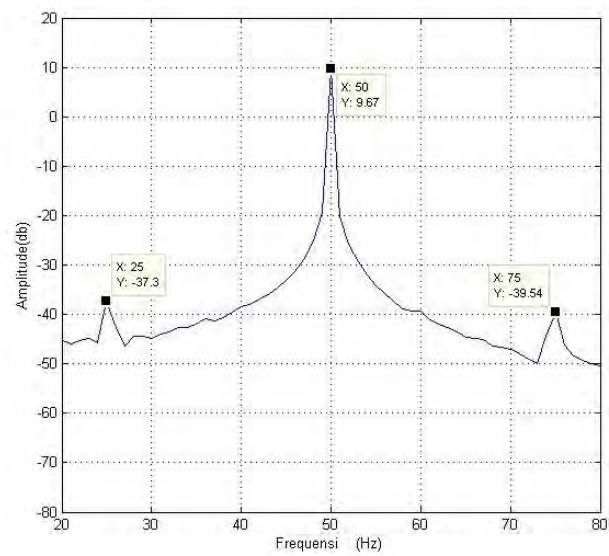
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* %



(a)



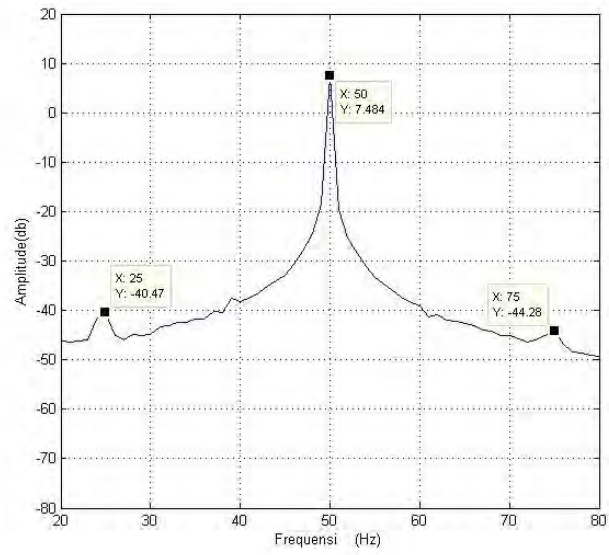
(b)



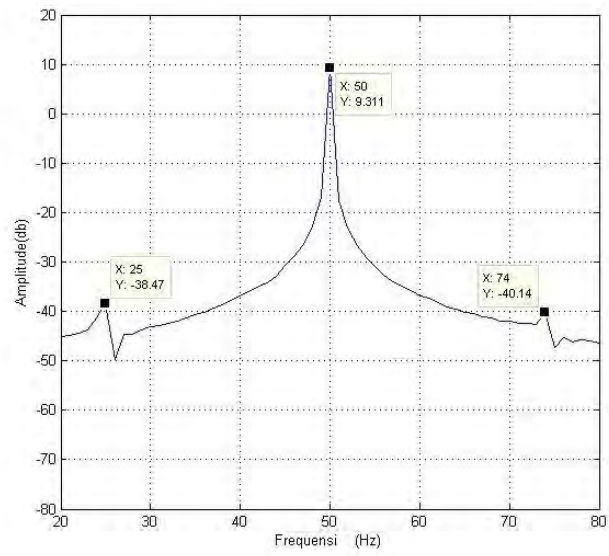
(c)

Gambar 4.23 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

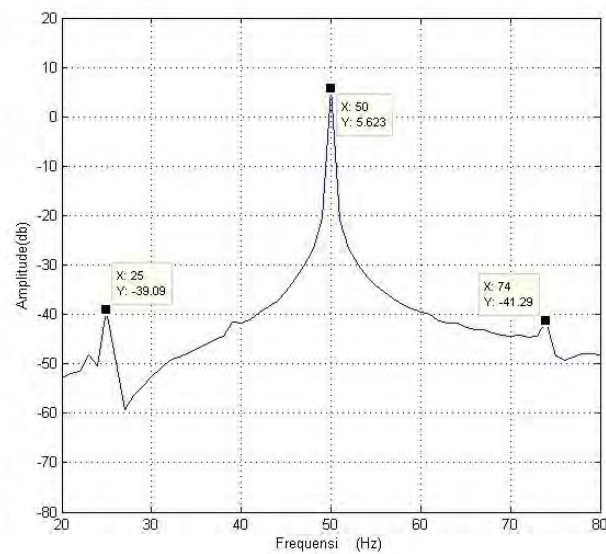
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



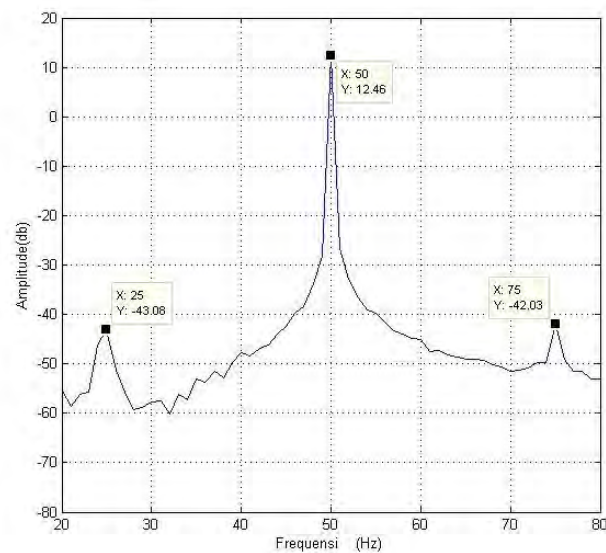
(b)



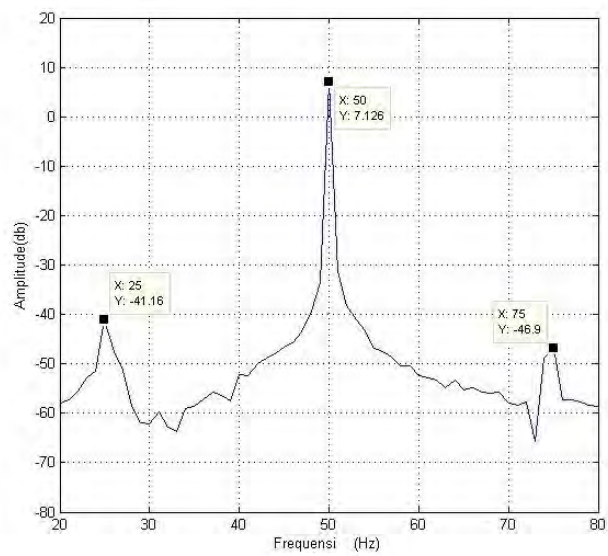
(c)

Gambar 4.24 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 25%
(a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

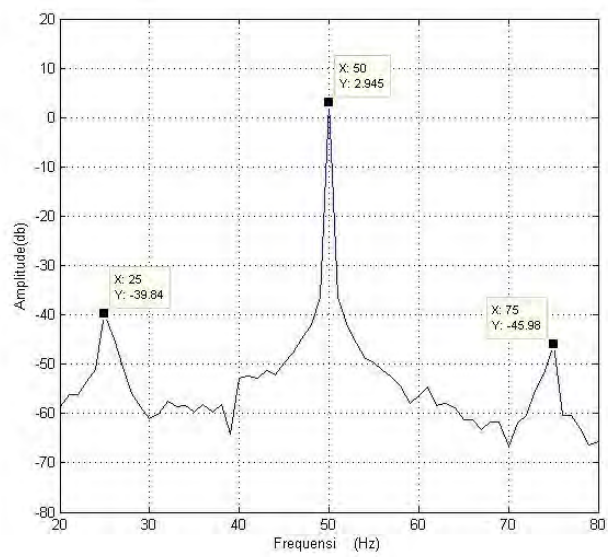
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



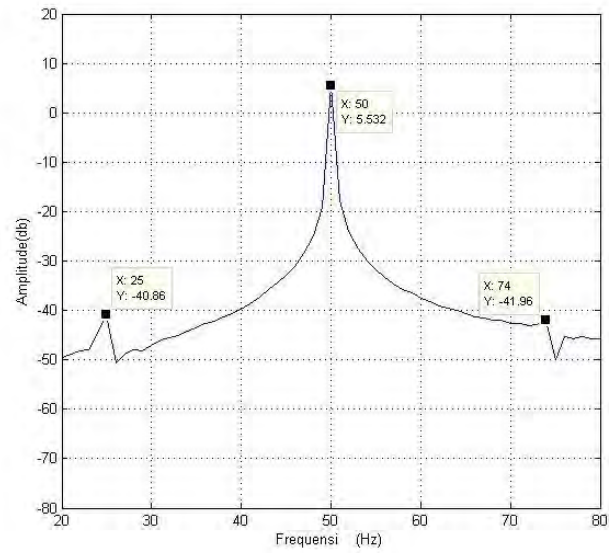
(b)



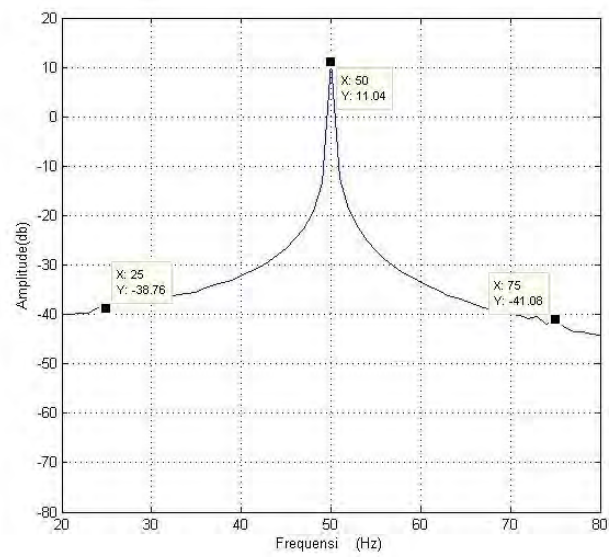
(c)

Gambar 4.25 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix volltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

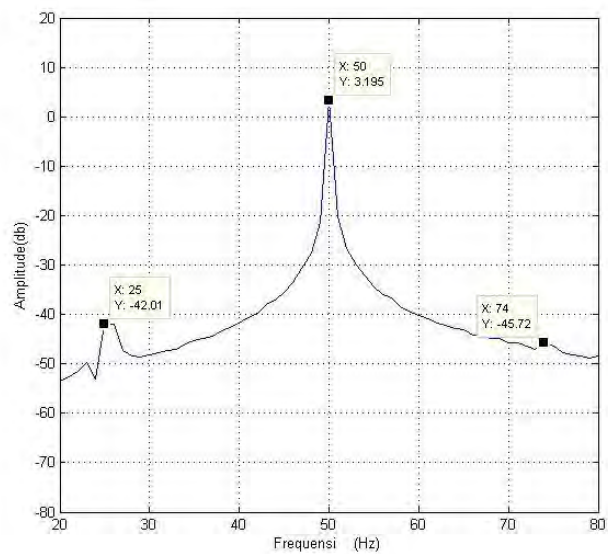
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under oltage 10%*



(a)



(b)

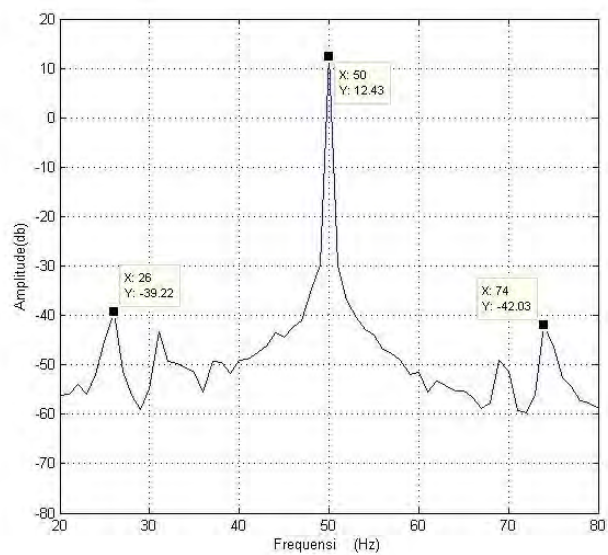


(c)

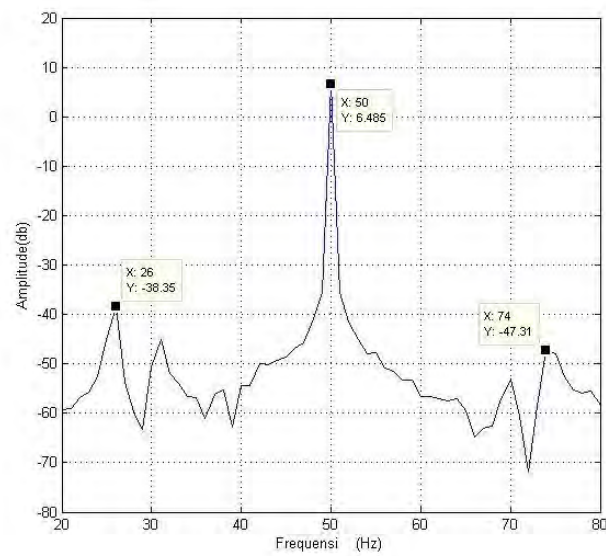
Gambar 4.26 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau under voltage 10% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

c. Beban 50%

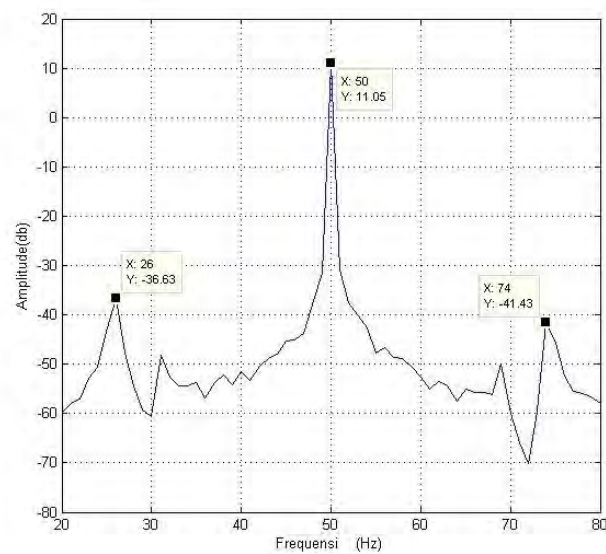
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%



(a)



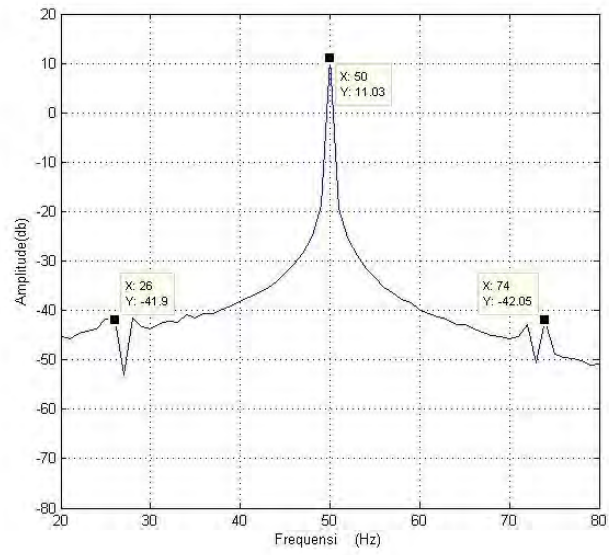
(b)



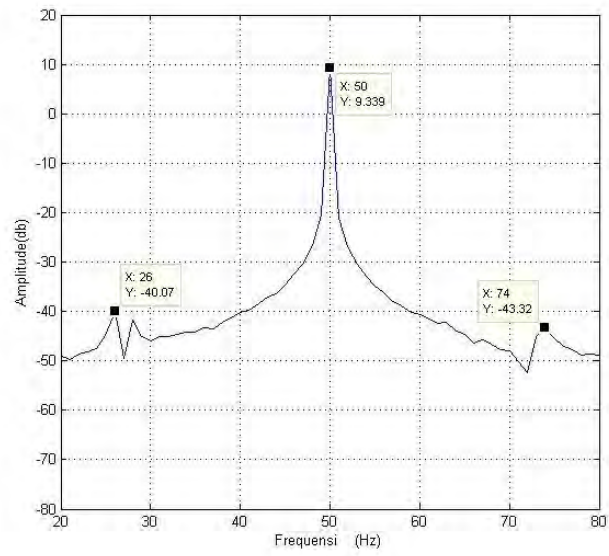
(c)

Gambar 4.27 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

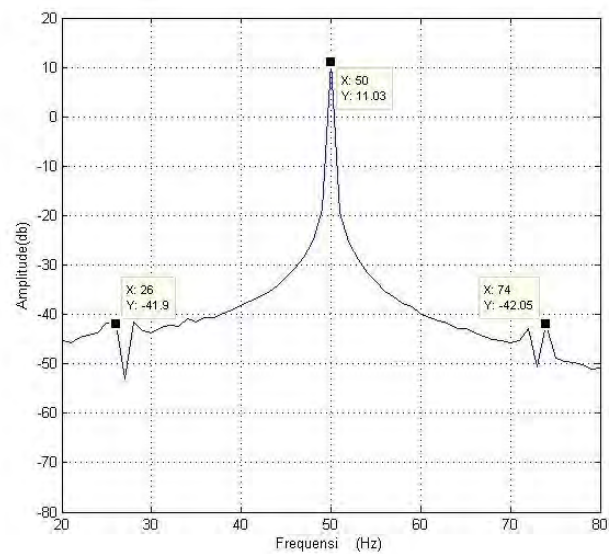
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



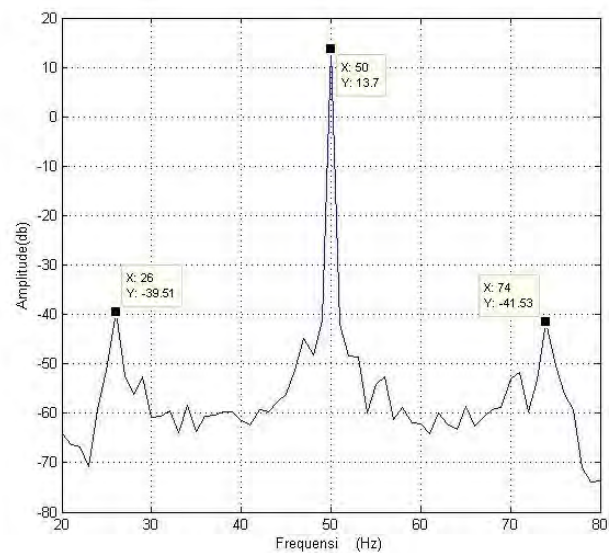
(b)



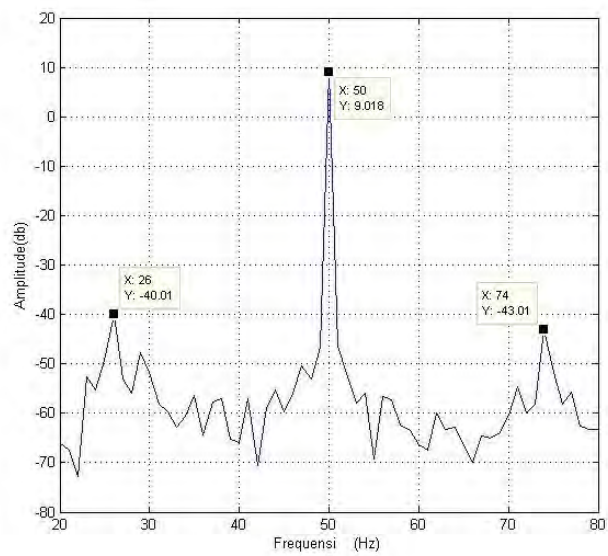
(c)

Gambar 4.28 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

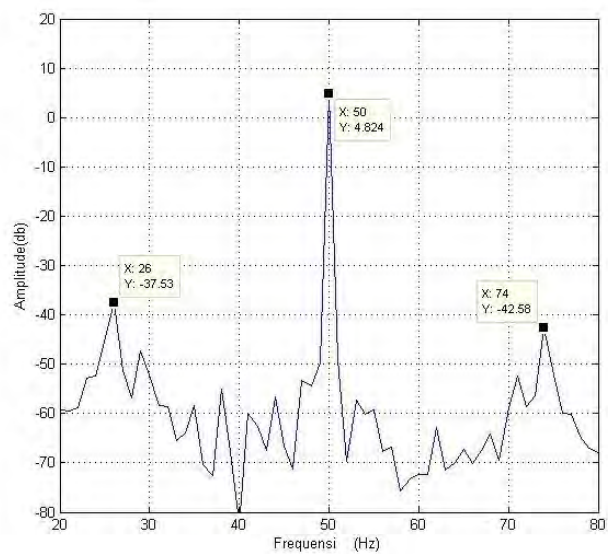
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



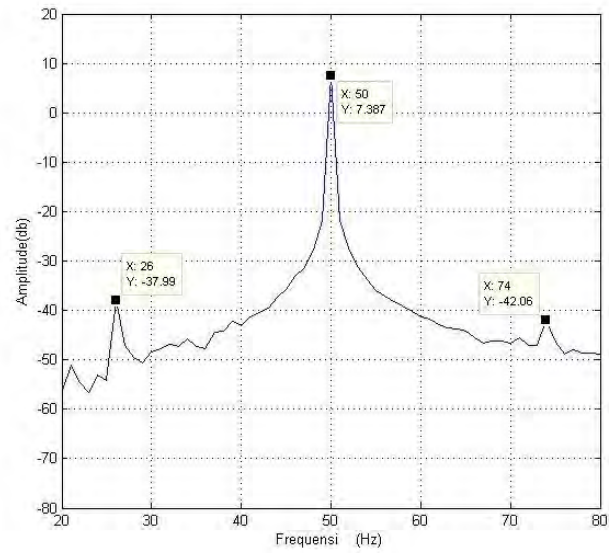
(b)



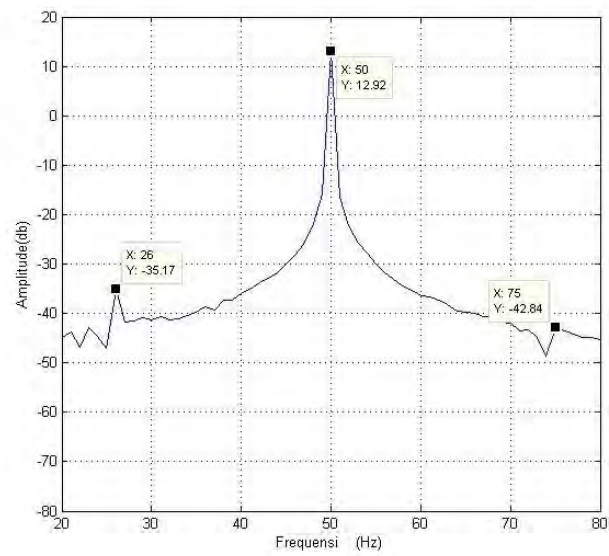
(c)

Gambar 4.29 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

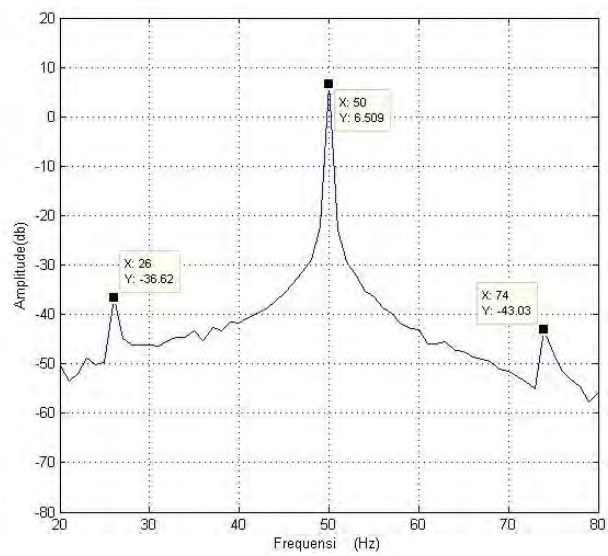
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage 10%*



(a)



(b)

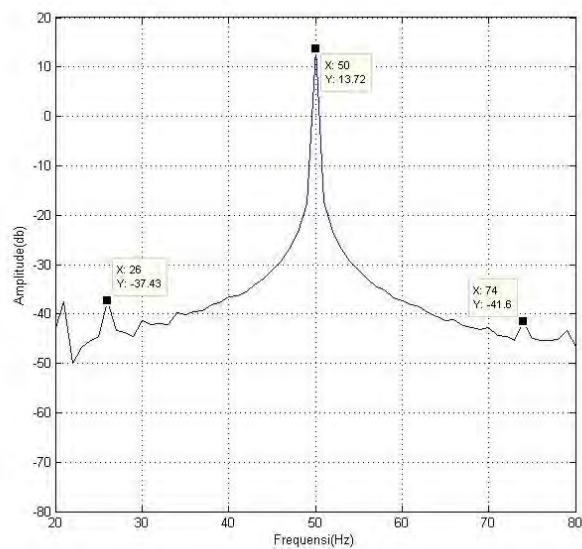


(c)

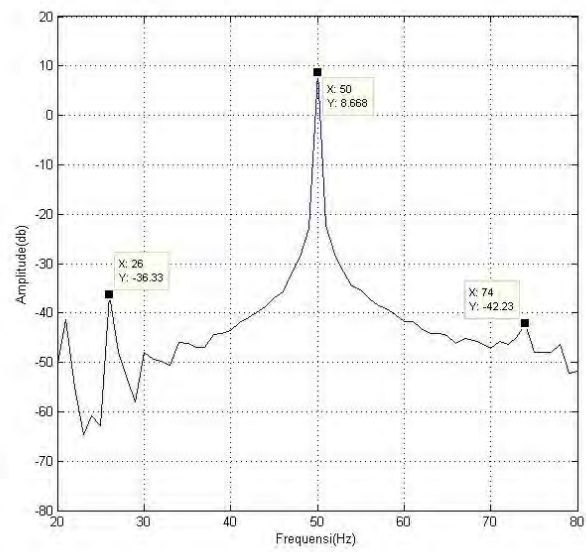
Gambar 4.30 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

d. Beban 75%

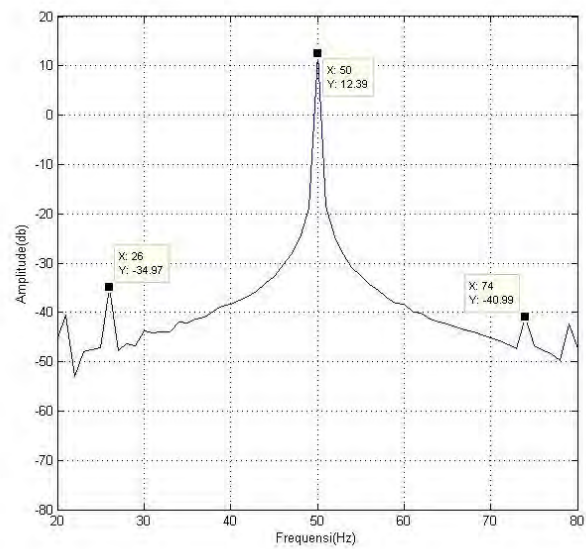
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%



(a)



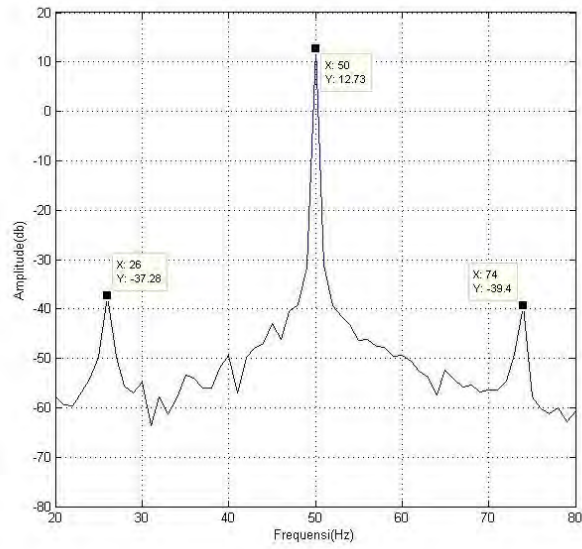
(b)



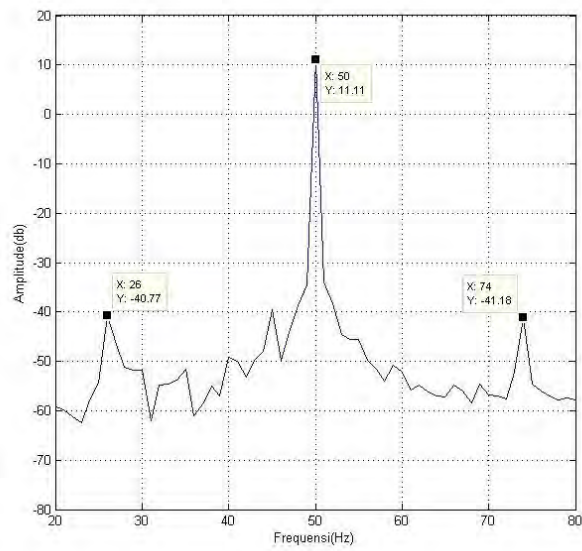
(c)

Gambar 4.31 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

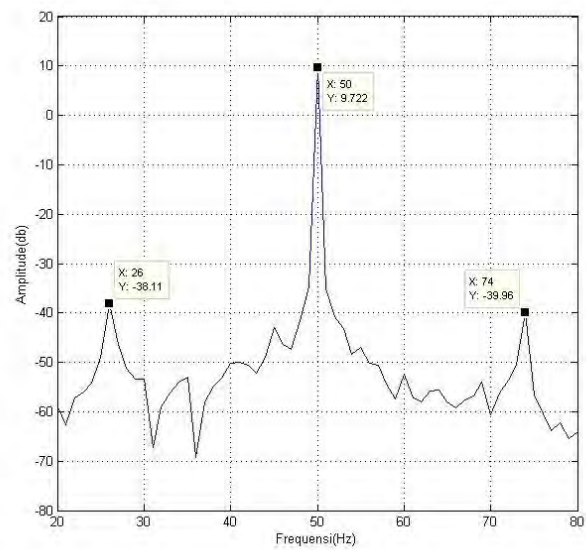
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



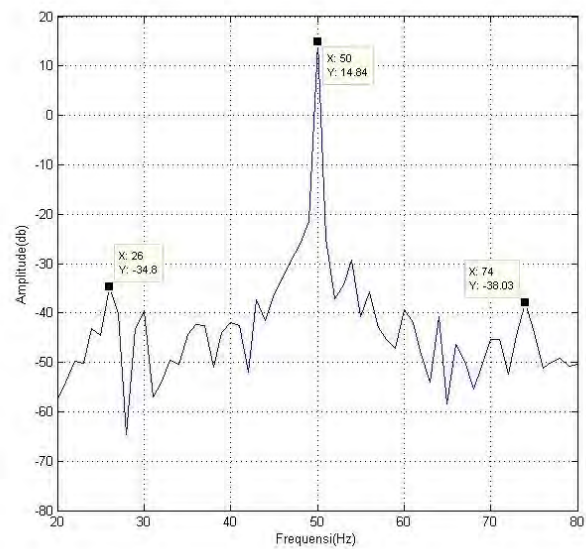
(b)



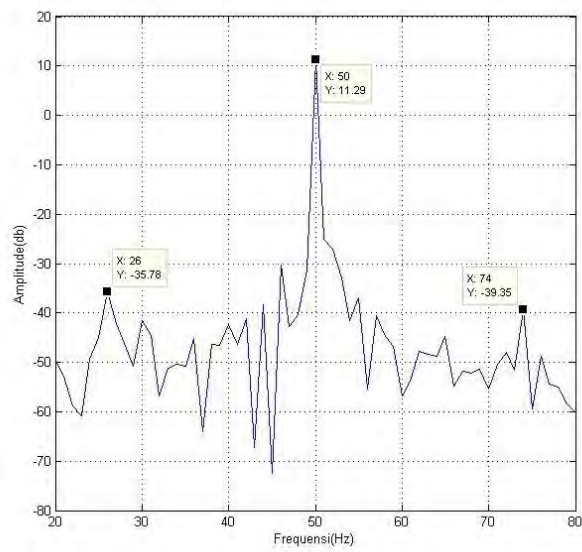
(c)

Gambar 4.32 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 75%
(a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

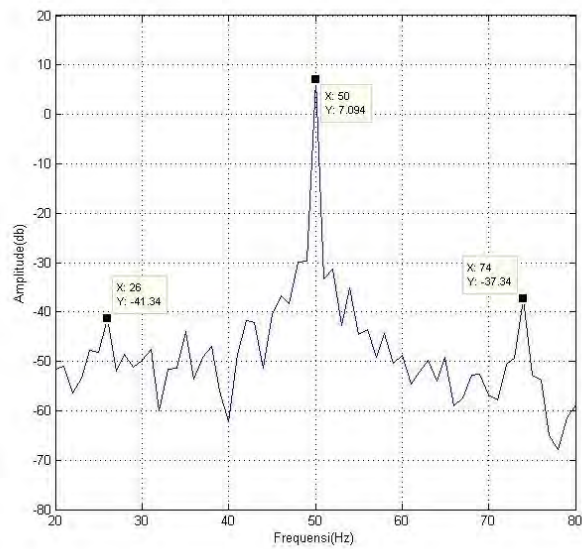
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



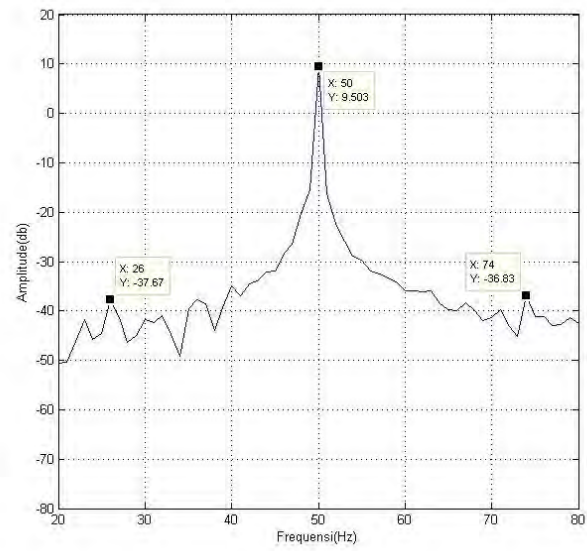
(b)



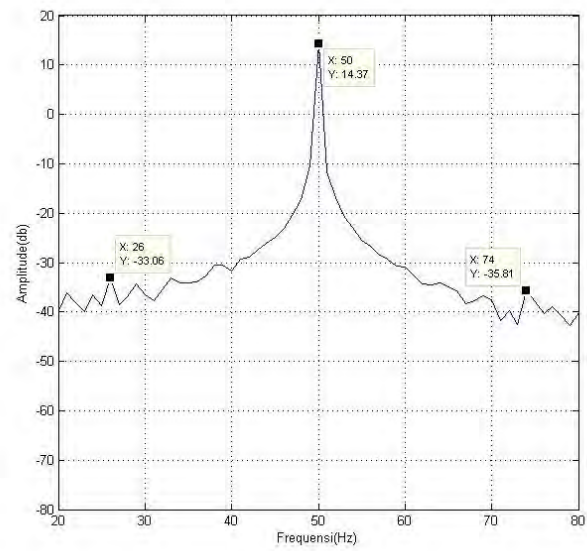
(c)

Gambar 4.33 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

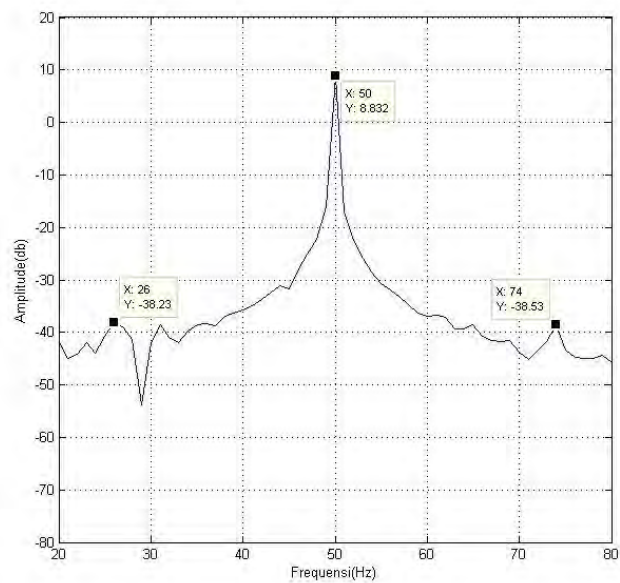
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



(a)



(b)

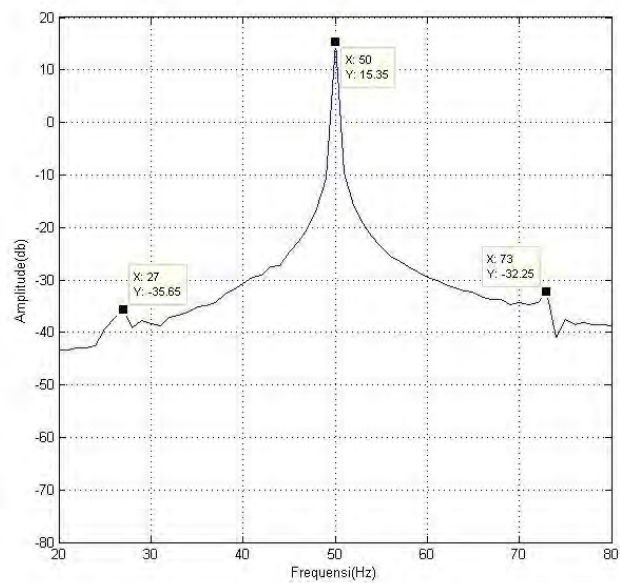


(c)

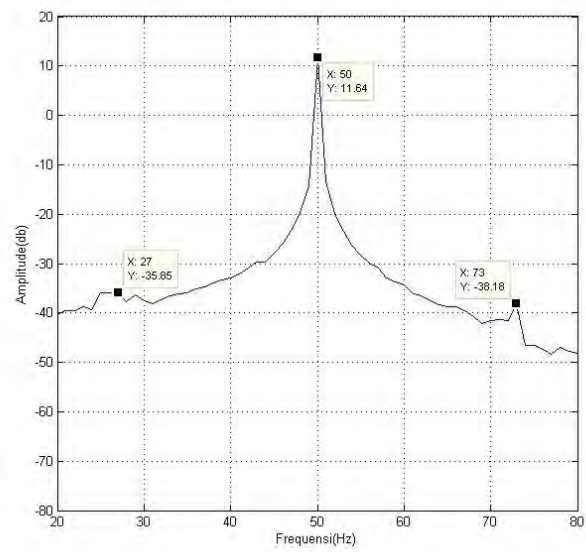
Gambar 4.34 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

e. Beban 100%

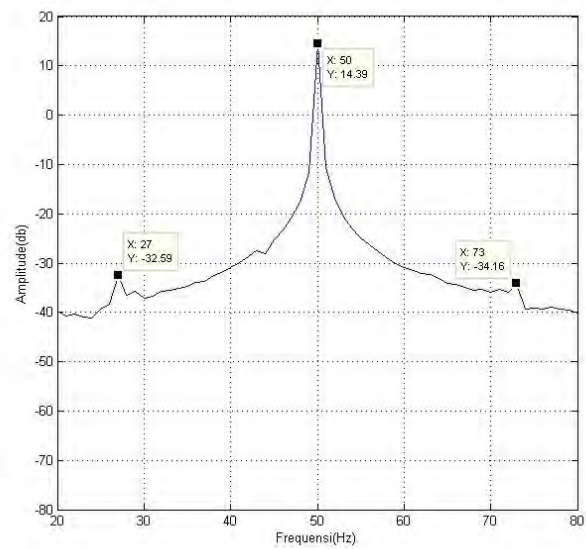
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%



(a)



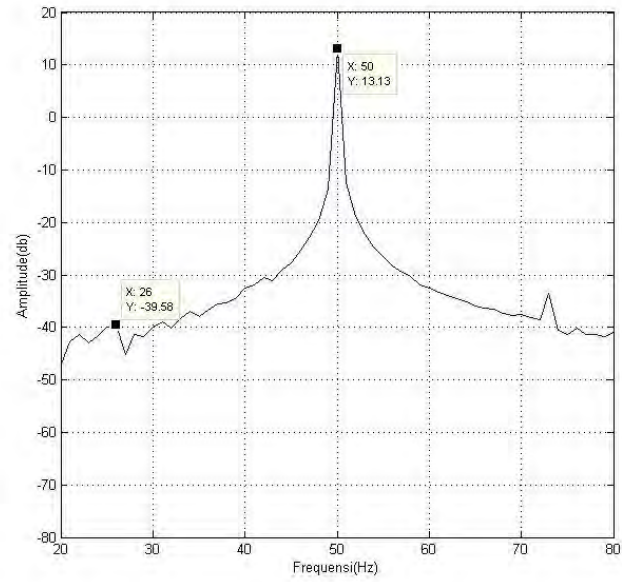
(b)



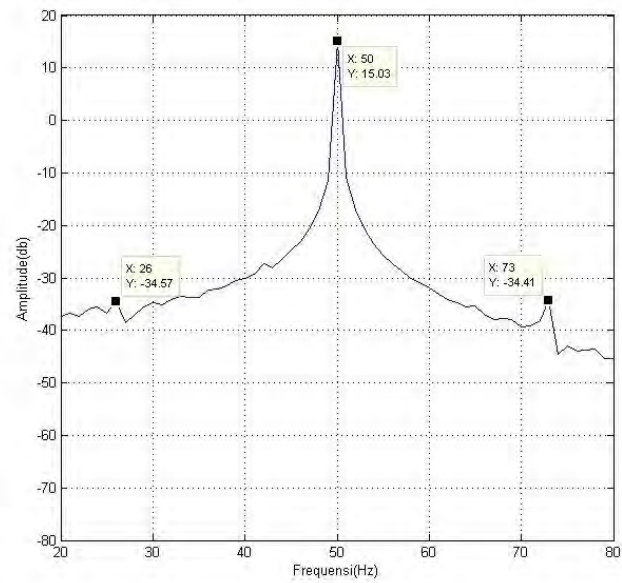
(c)

Gambar 4.35 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 100%
(a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

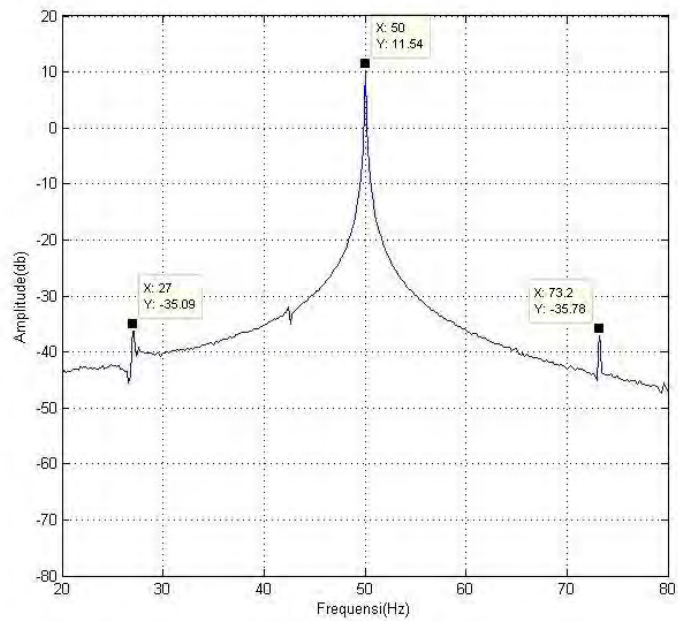
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



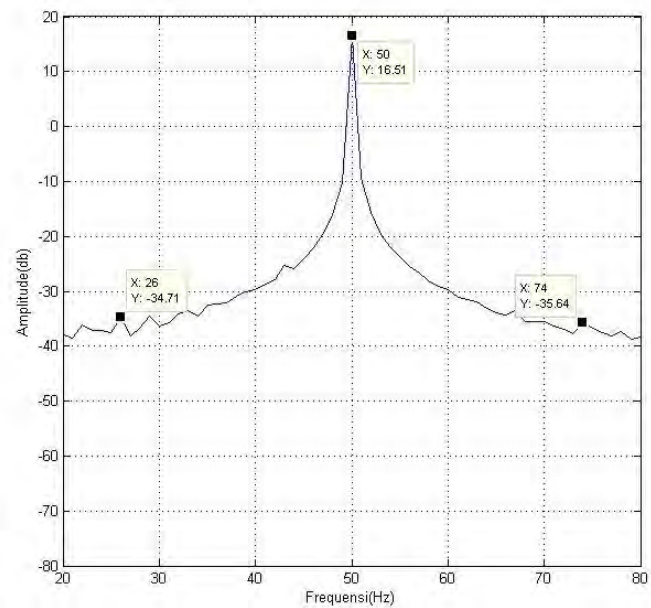
(b)



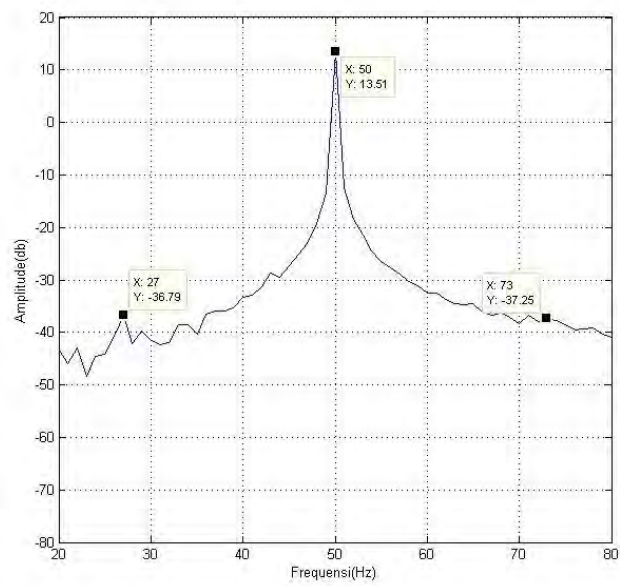
(c)

Gambar 4.36 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

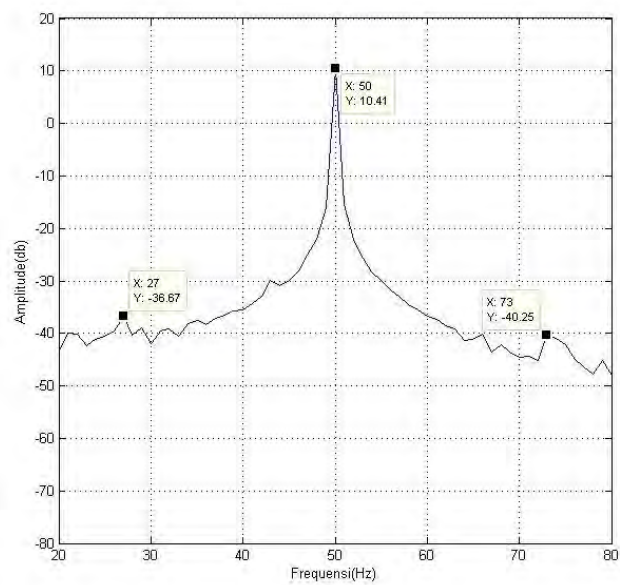
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



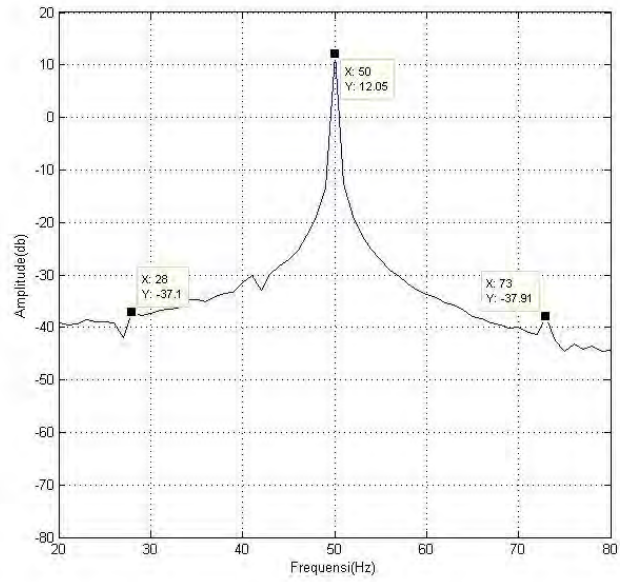
(b)



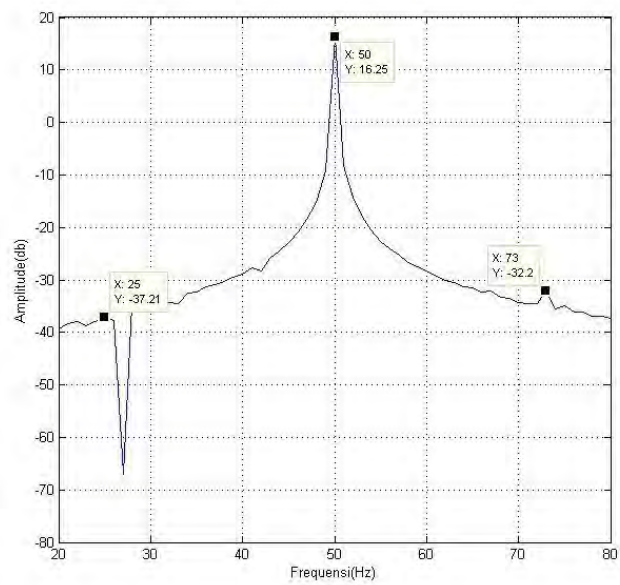
(c)

Gambar 4.37 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

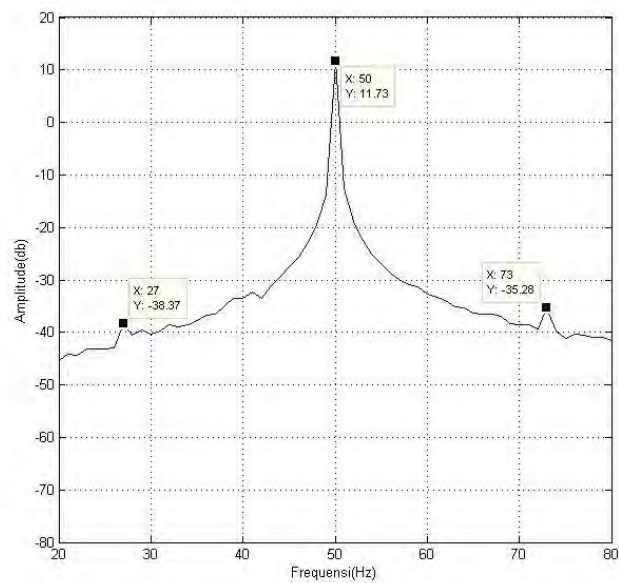
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage 10%*



(a)



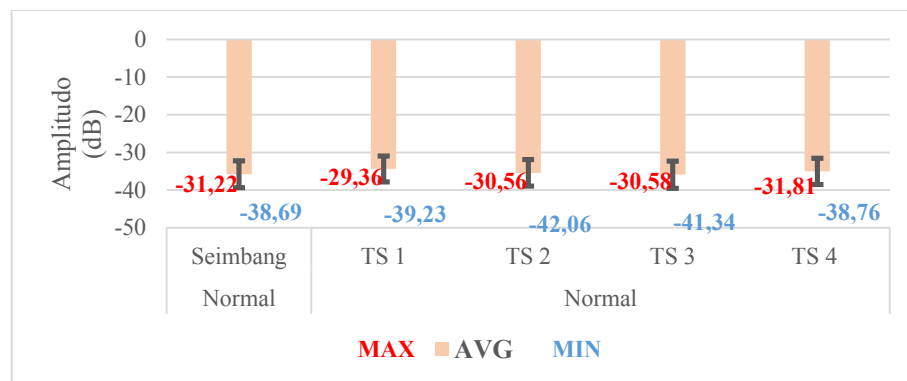
(b)



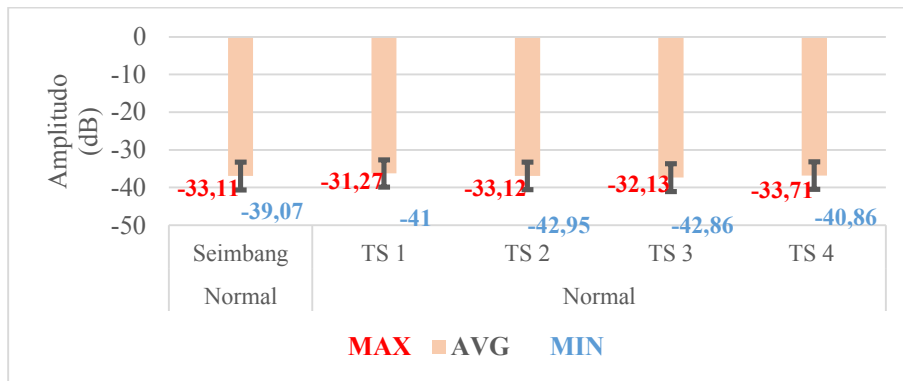
(c)

Gambar 4.38 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor normal kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

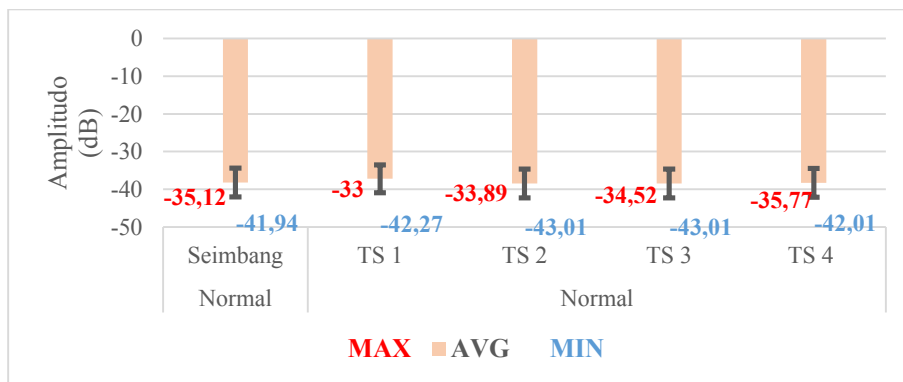
Hasil analisa untuk motor normal kondisi tegangan tidak seimbang dengan variasi beban menggunakan acuan perbandingan dari motor normal kondisi seimbang semua beban di setiap fasanya sisi frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$ dan $f_s + f_r$ dapat dilihat gambar di bawah ini



(a)



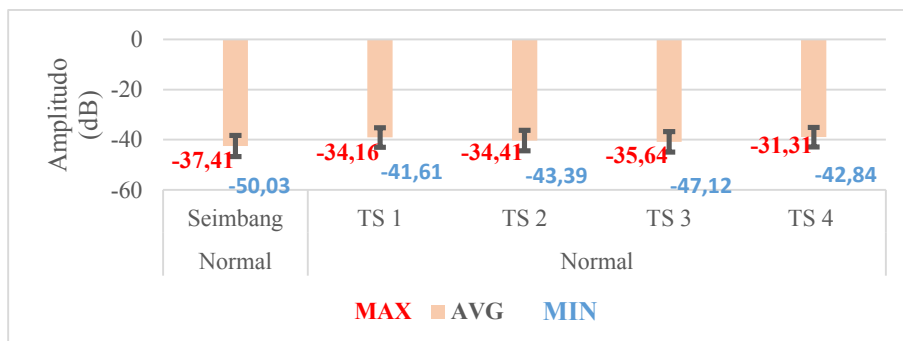
(b)



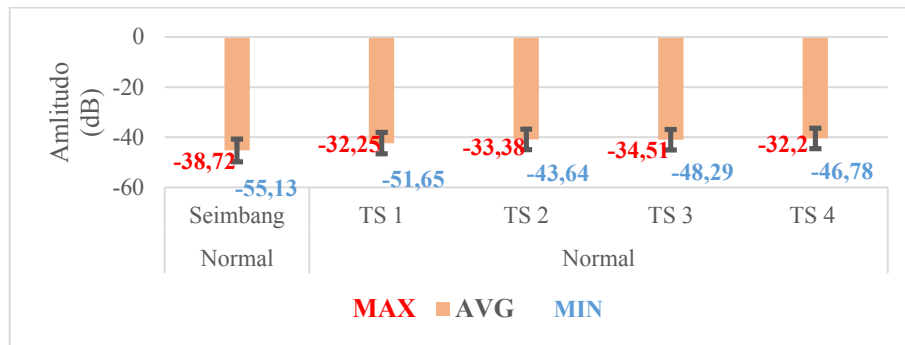
(c)

Gambar 4.39 Grafik amplitudo motor normal seimbang dan motor normal kondisi tidak seimbang dengan pembebanan 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

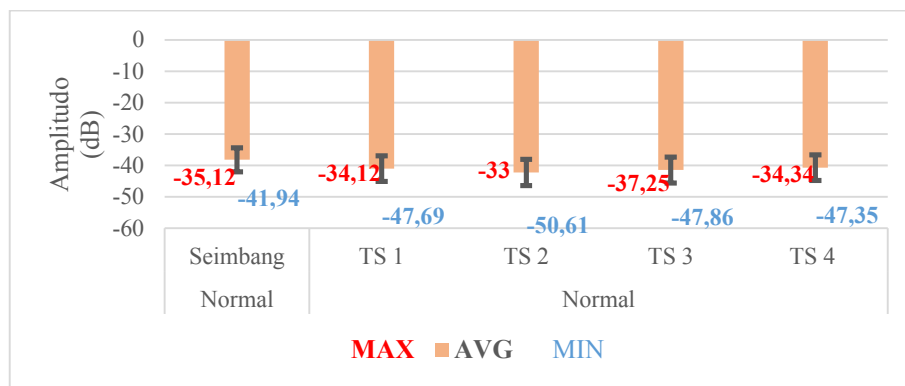
Dari gambar grafik didapatkan nilai amplitudo yang paling tinggi sebesar -29,36 dB fasa 1, -31,27 dB fasa 2, dan -33 dB fasa 3 di frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$.



(a)



(b)



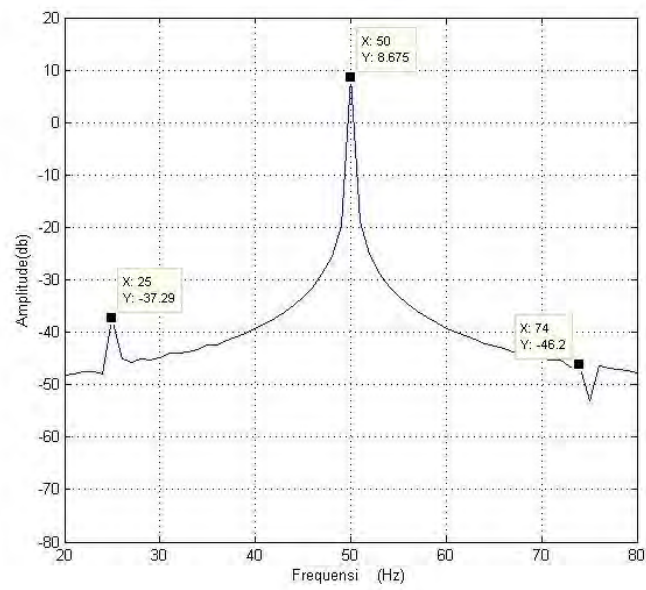
(c)

Gambar 4.40 Grafik amplitudo motor normal seimbang dan motor normal kondisi tidak seimbang dengan pembebanan 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s + f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

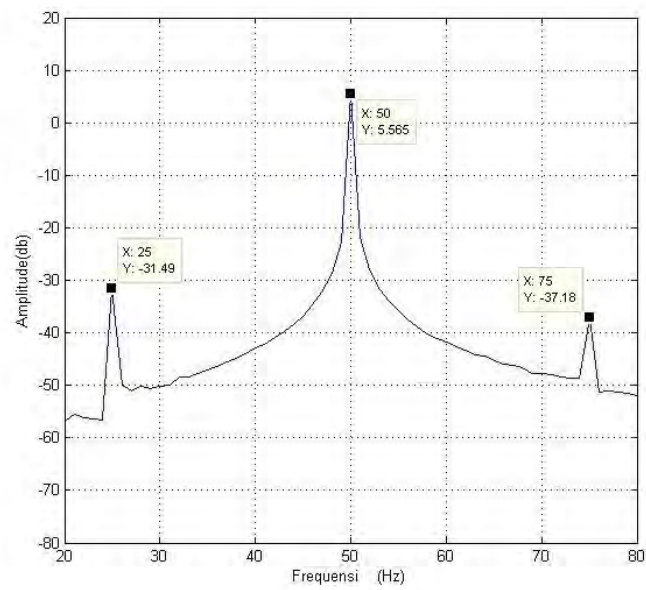
Dari gambar grafik didapatkan nilai amplitudo yang paling tinggi sebesar -31,31 dB fasa 1, -32,32 dB fasa 2, dan -33 dB fasa 3 di frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$.

2. Pengujian analisa arus stator kondisi tidak seimbang motor normal dengan variasi beban
 - a. Beban 0%

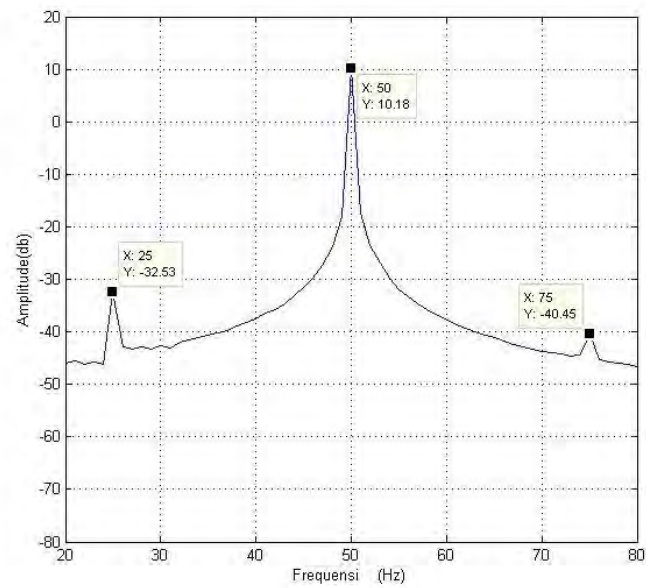
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%



(a)



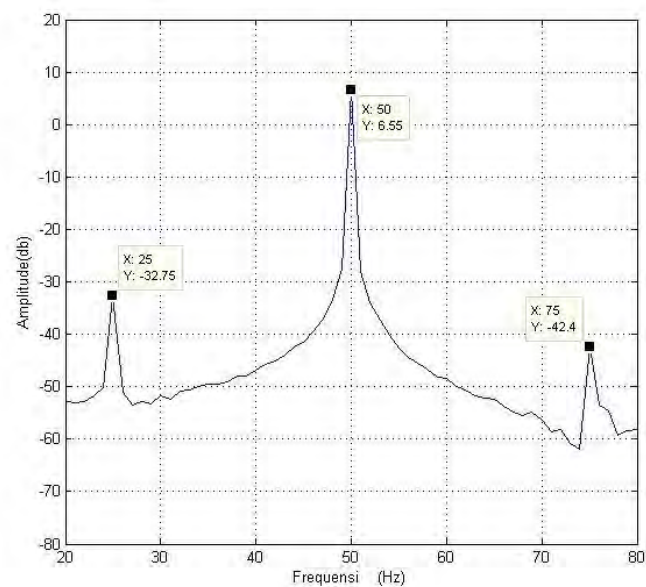
(b)



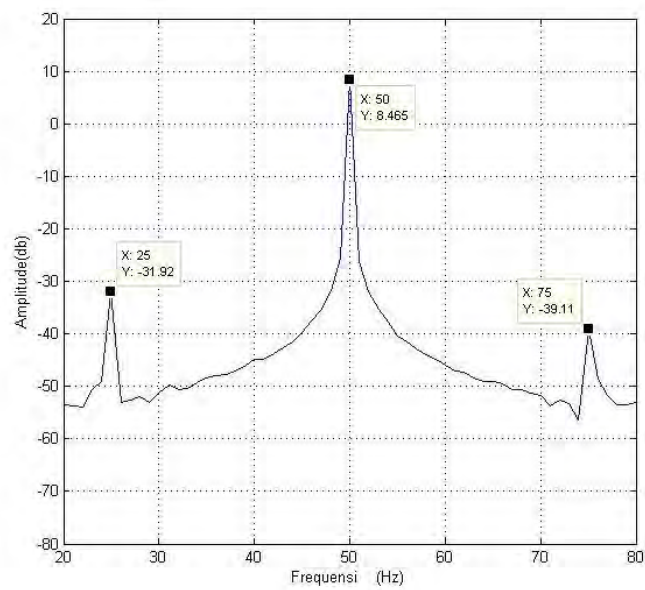
(c)

Gambar 4.41 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

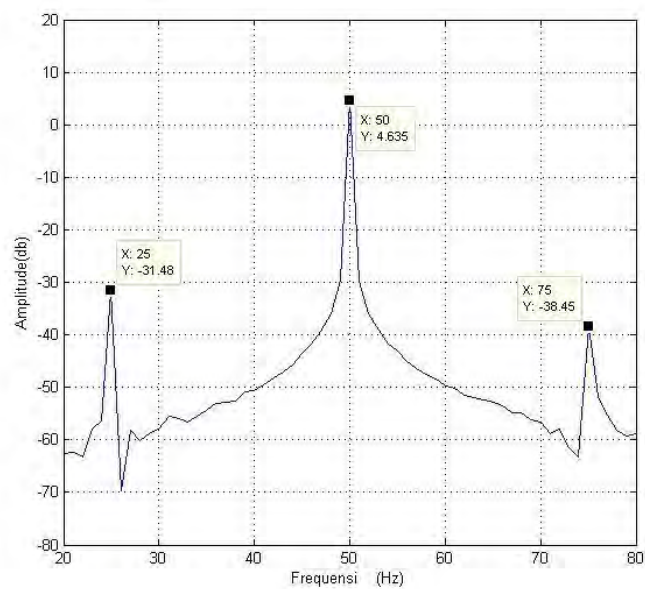
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



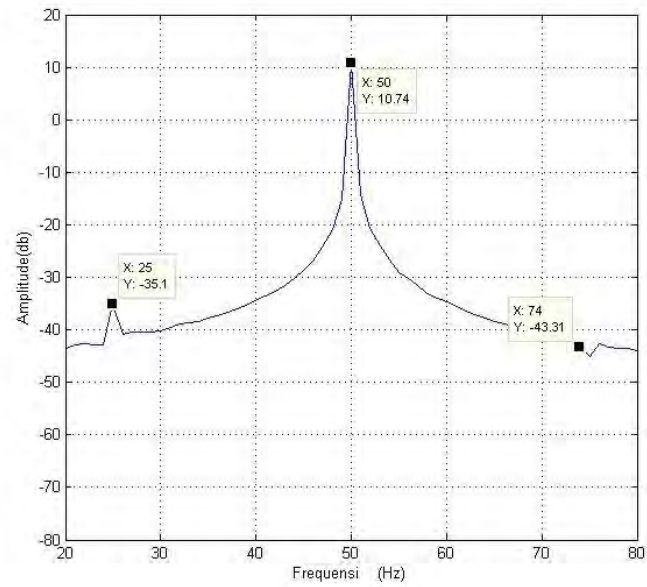
(b)



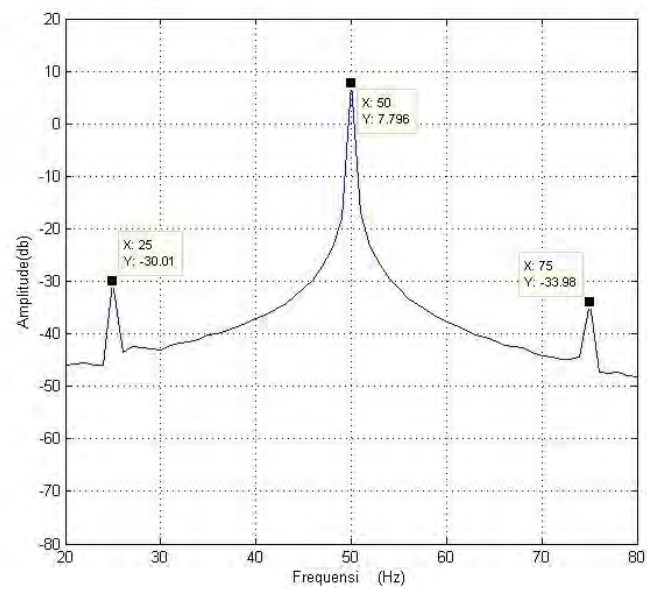
(c)

Gambar 4.42 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

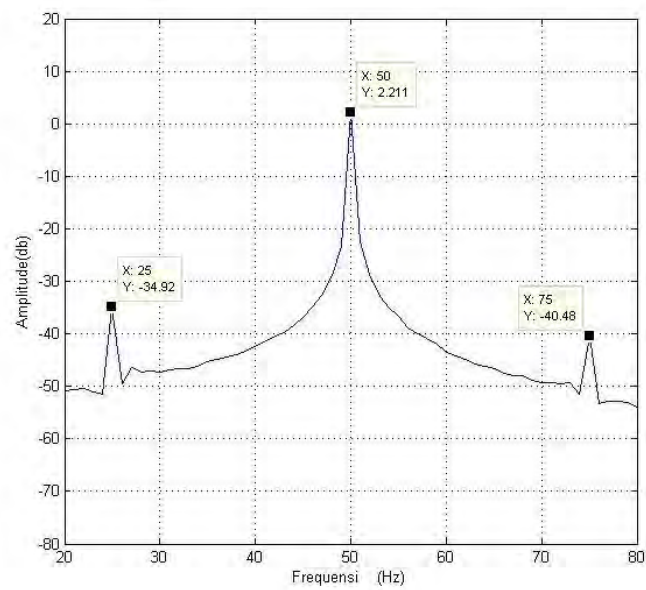
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage 5%*



(a)



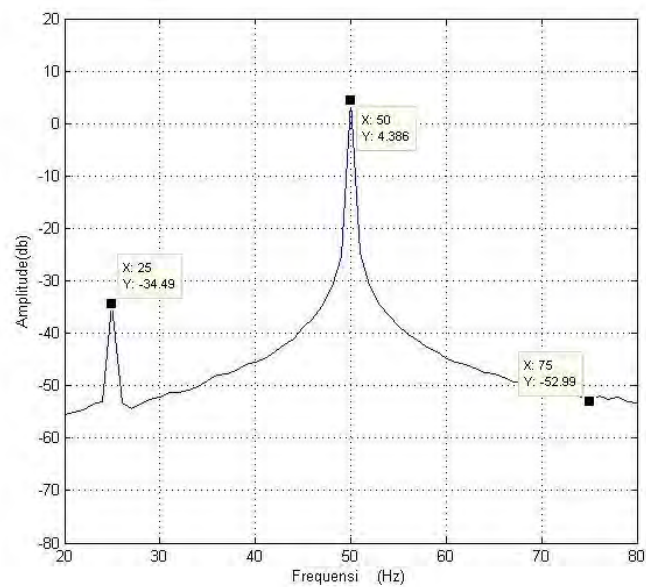
(b)



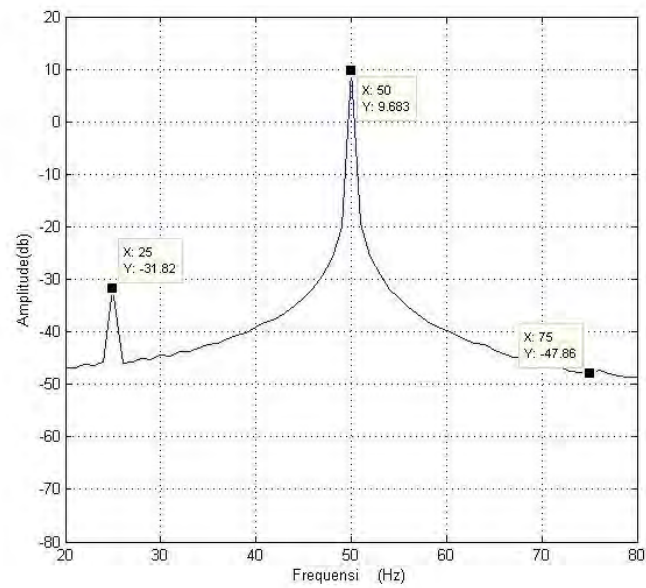
(c)

Gambar 4.43 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

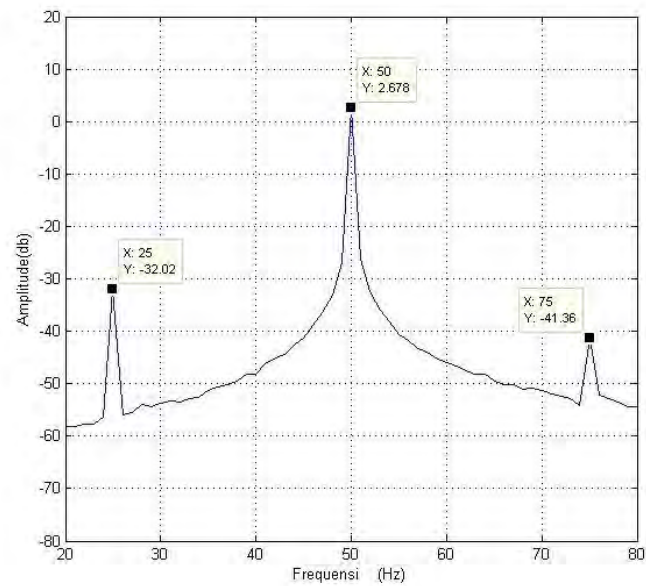
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



(a)



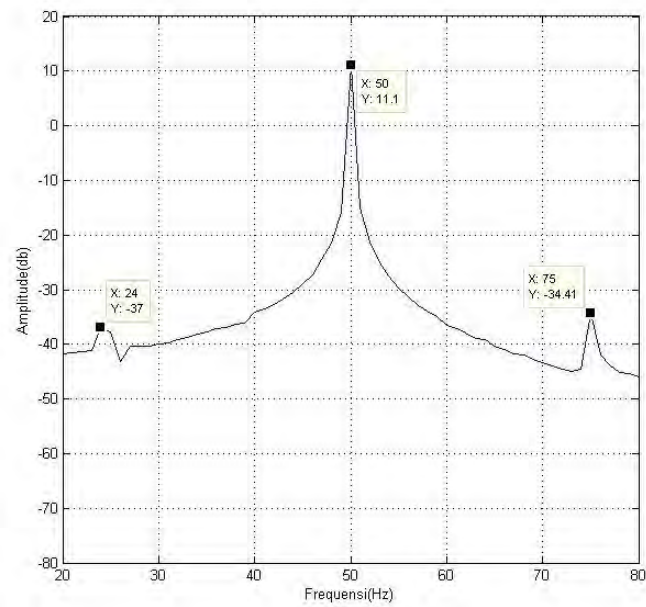
(b)



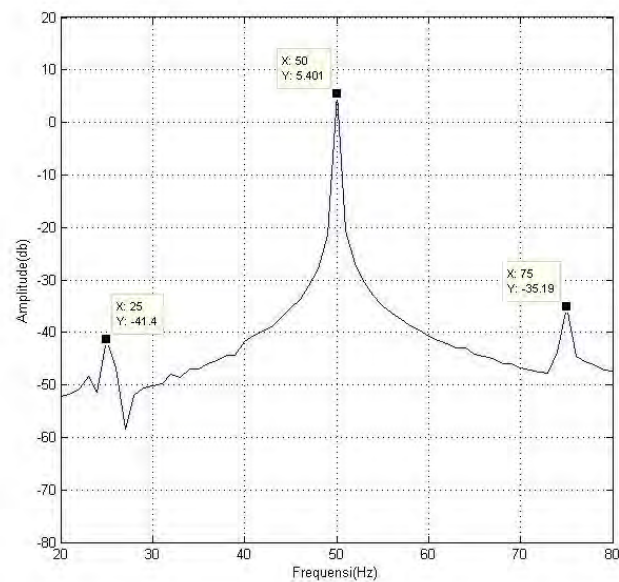
(c)

Gambar 4.44 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 0% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

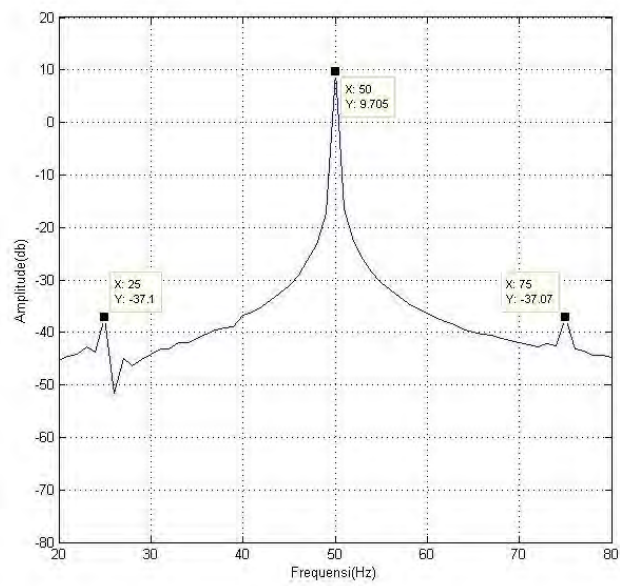
- b. Beban 25%
- Tegangan tidak seimbang atau *over voltage* 5%



(a)



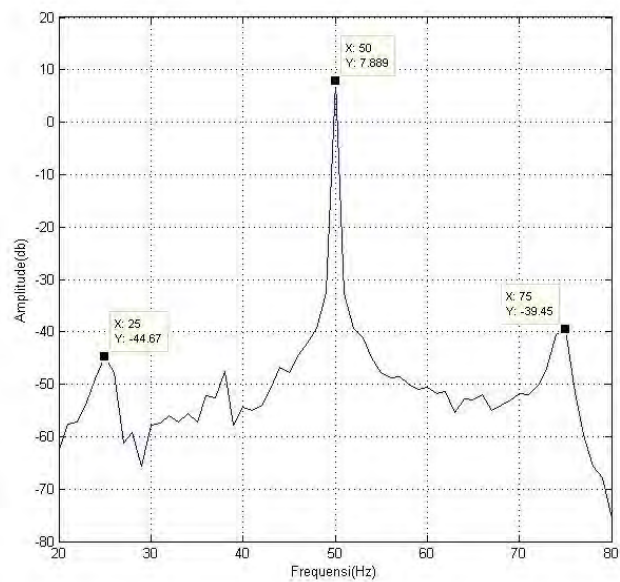
(b)



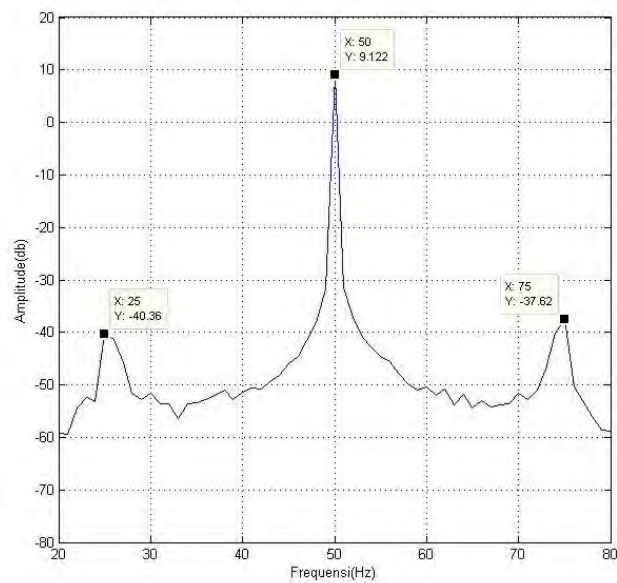
(c)

Gambar 4.45 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

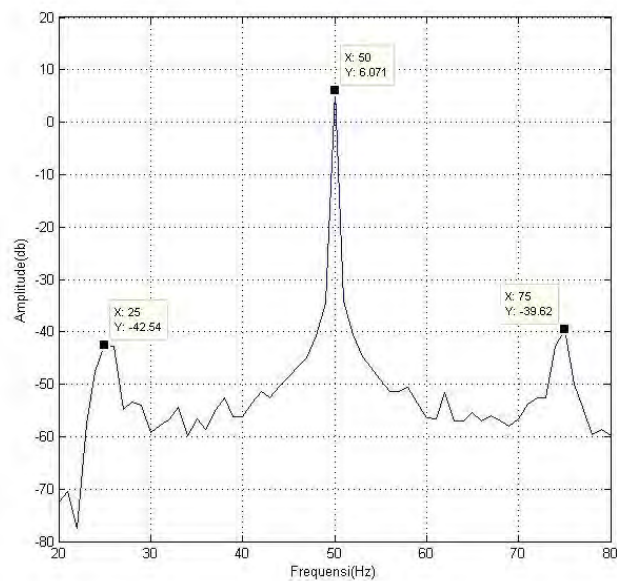
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



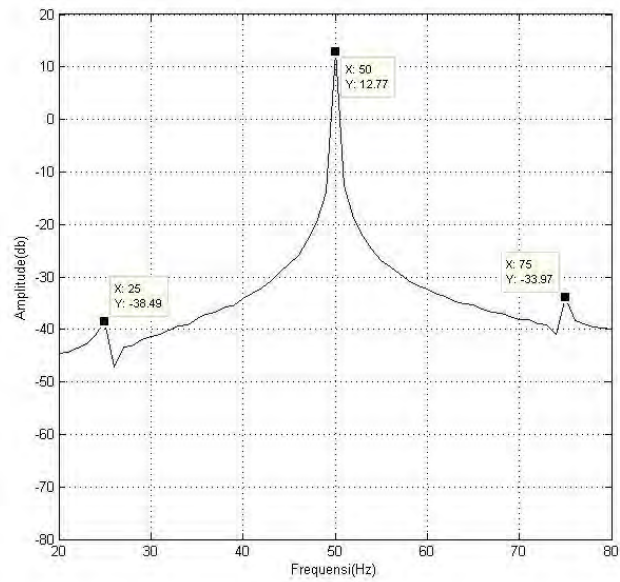
(b)



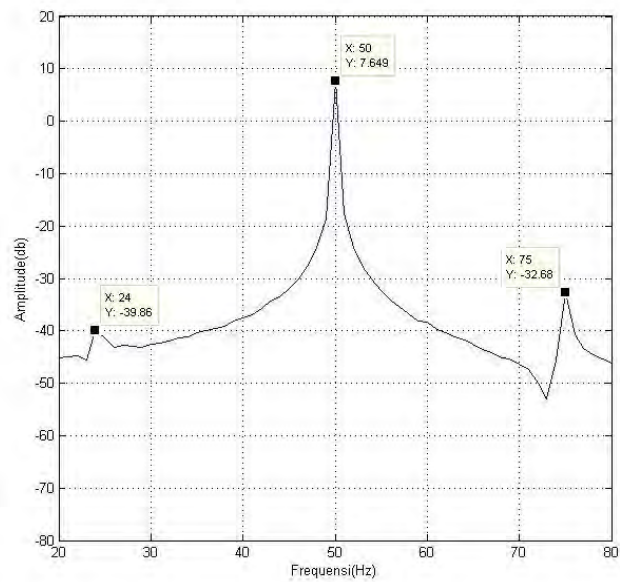
(c)

Gambar 4.46 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

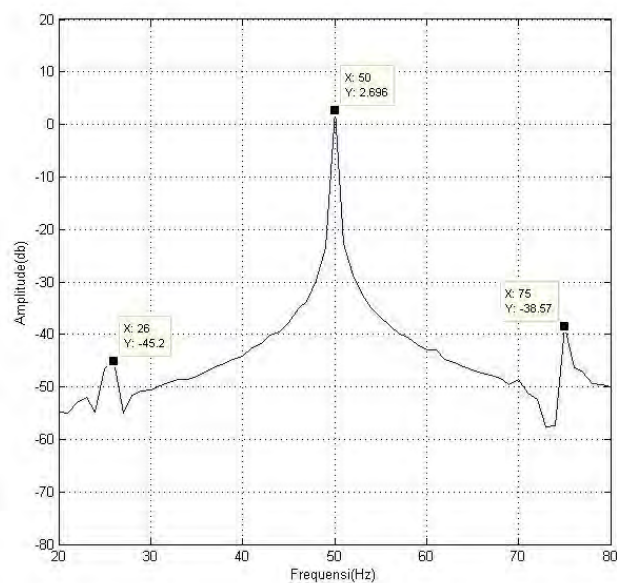
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



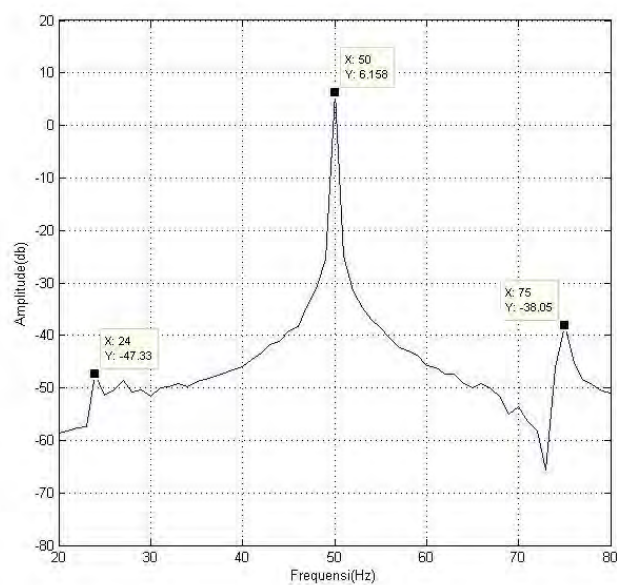
(b)



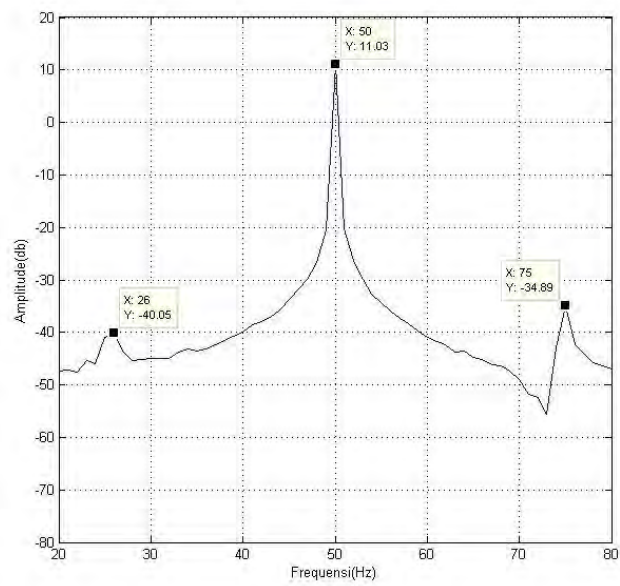
(c)

Gambar 4.47 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

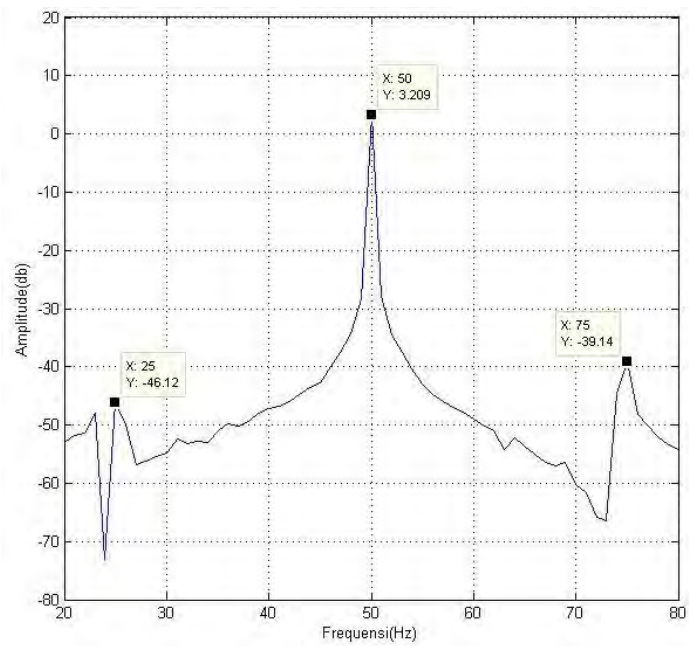
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



(a)



(b)

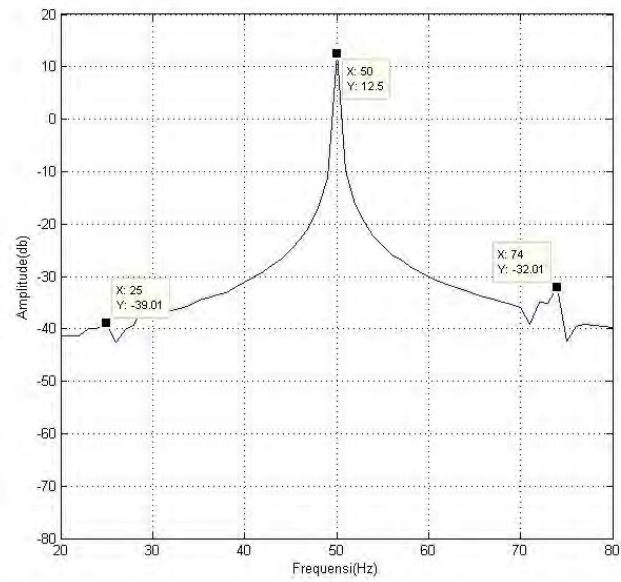


(c)

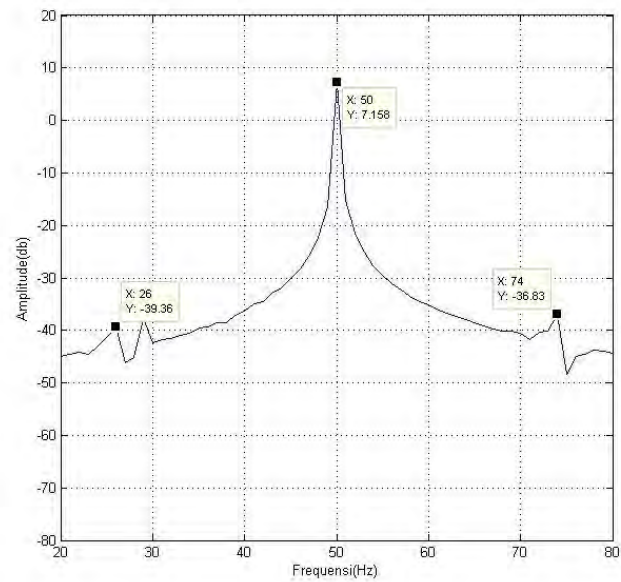
Gambar 4.48 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 25% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

c. Beban 50%

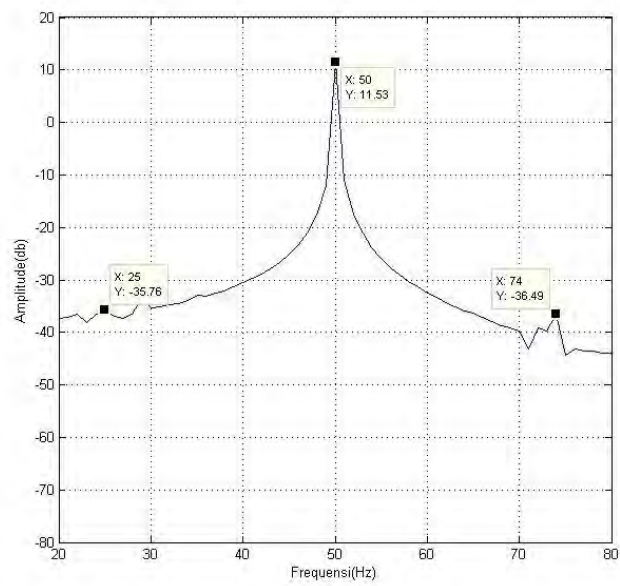
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%



(a)



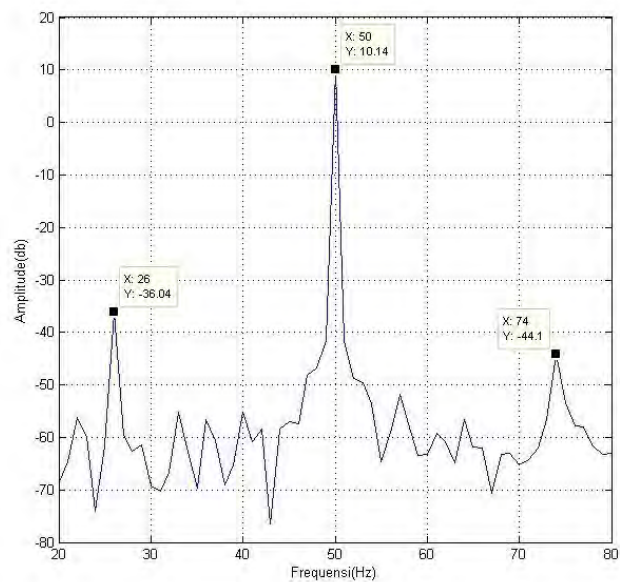
(b)



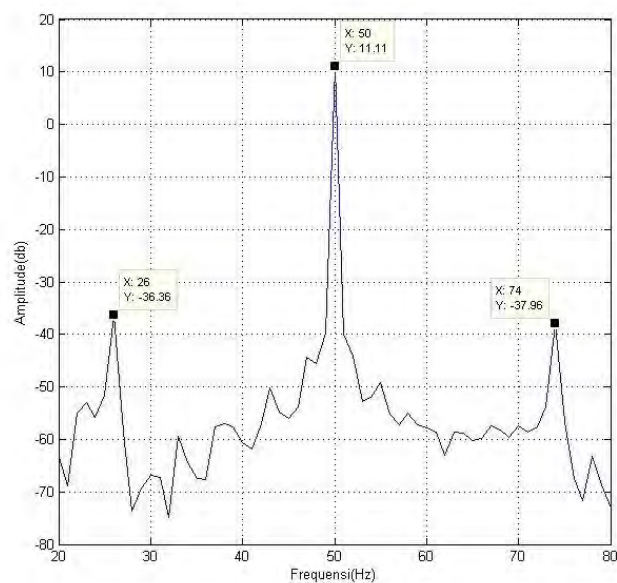
(c)

Gambar 4.49 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

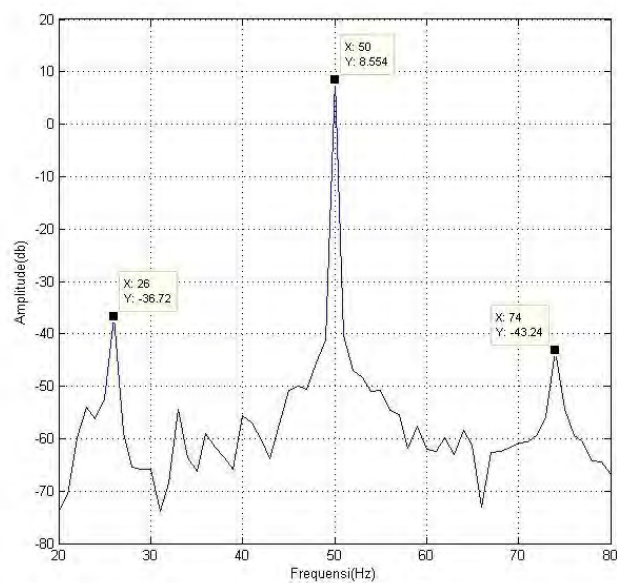
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



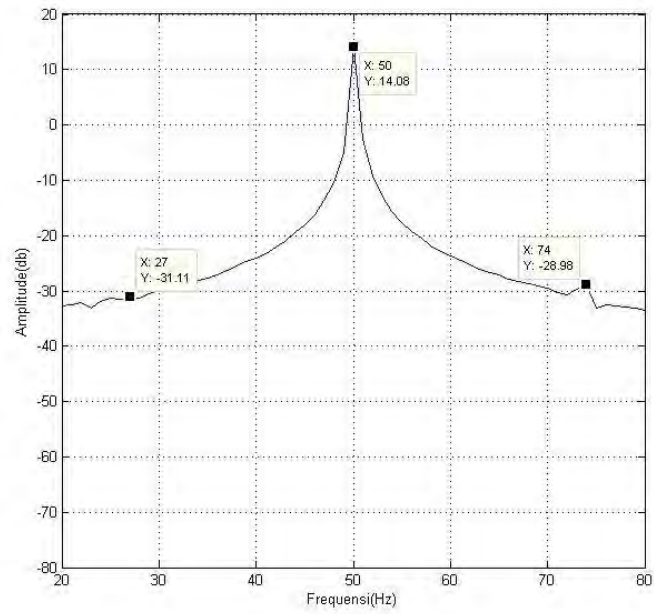
(b)



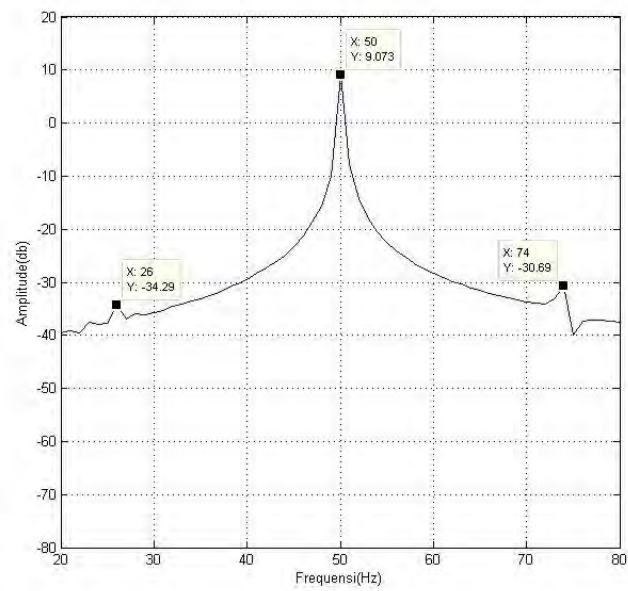
(c)

Gambar 4.50 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

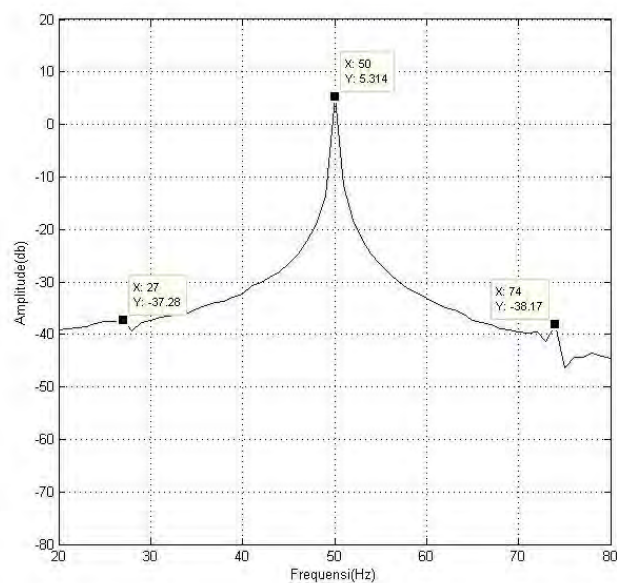
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



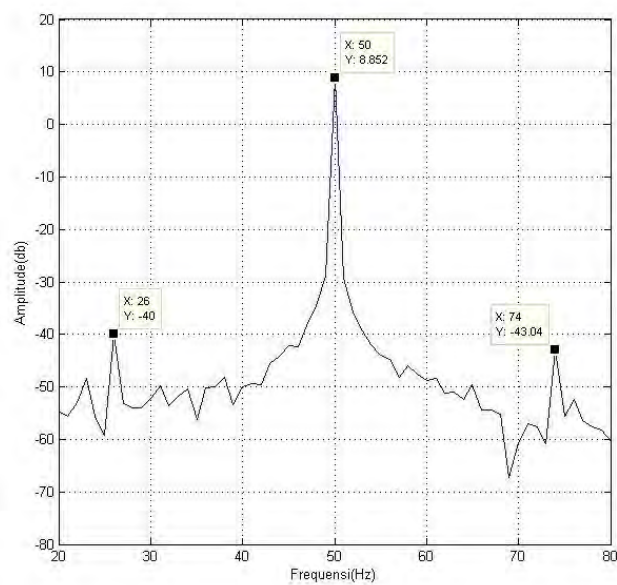
(b)



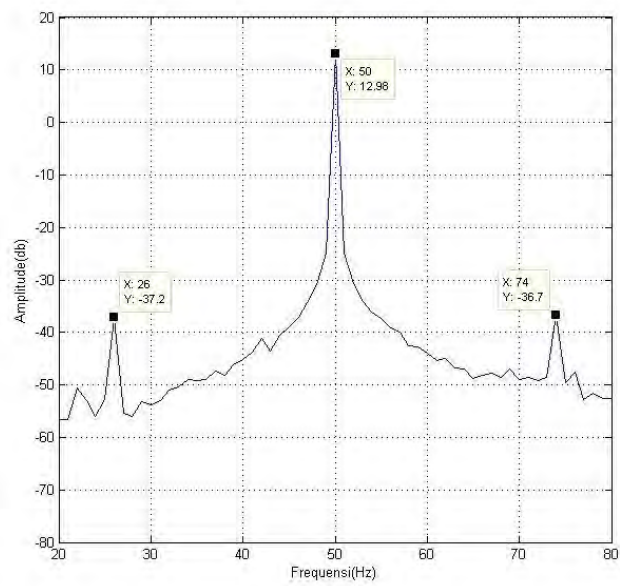
(c)

Gambar 4.51 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

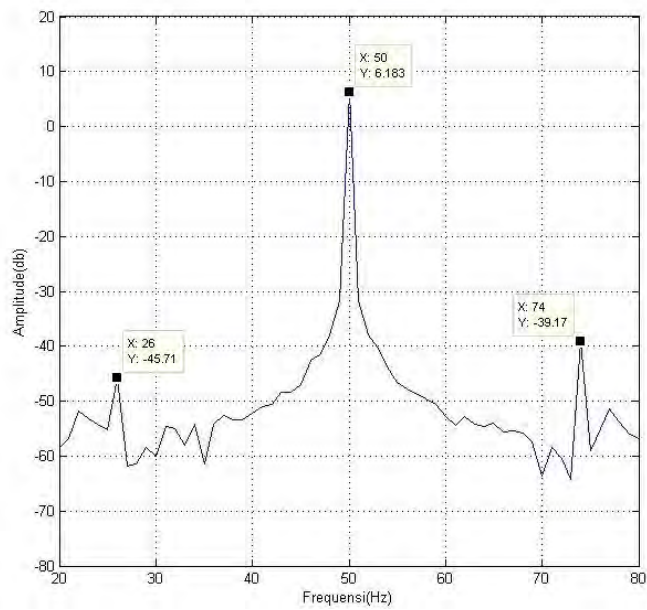
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



(a)



(b)

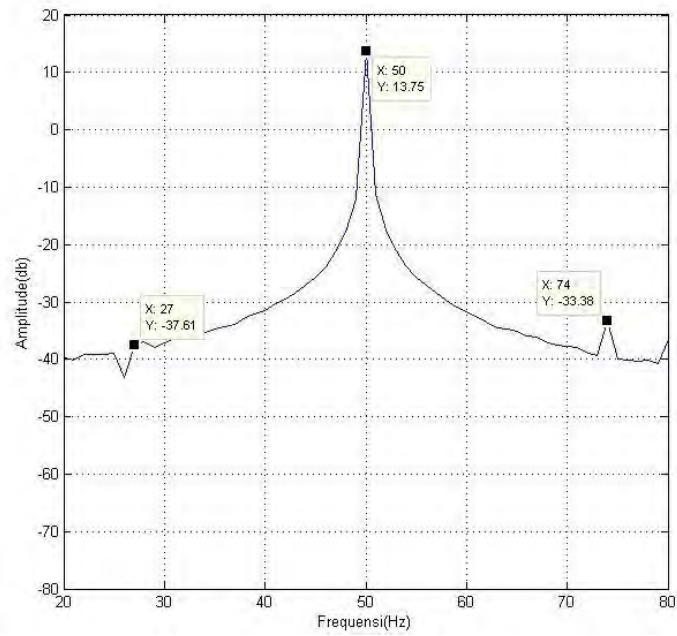


(c)

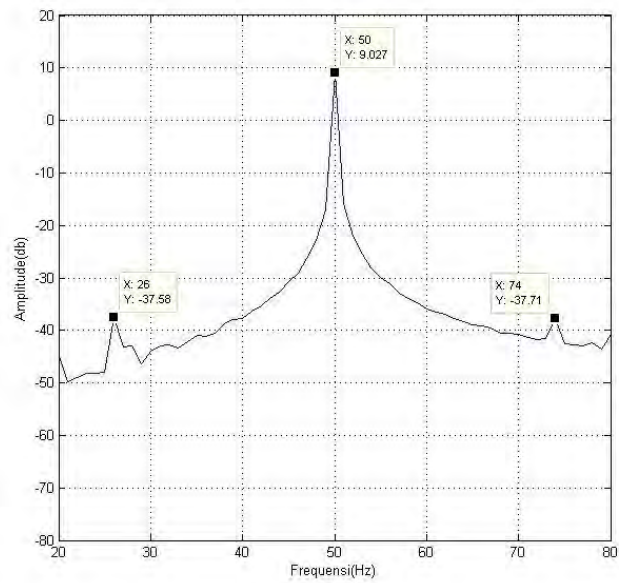
Gambar 4.52 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 50% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

d. Beban 75%

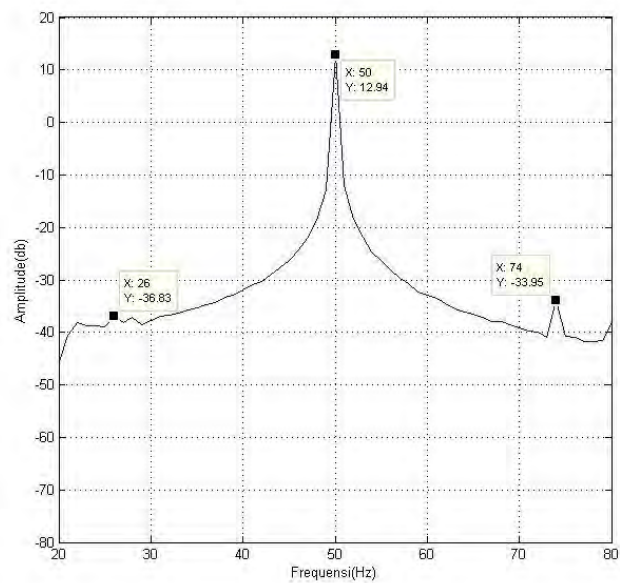
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%



(a)



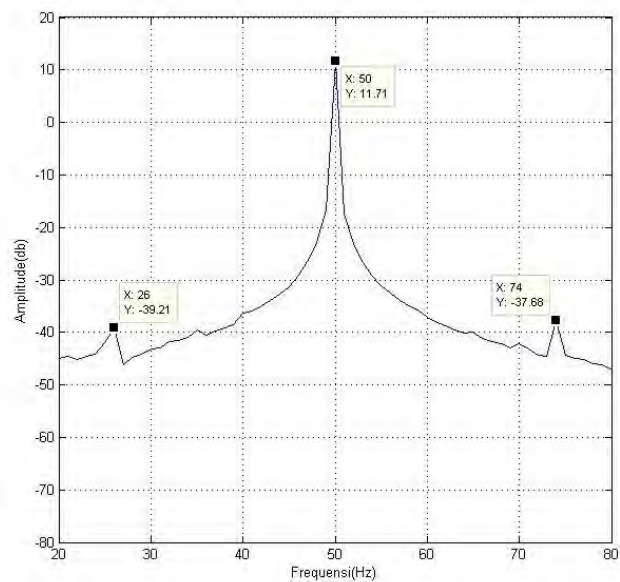
(b)



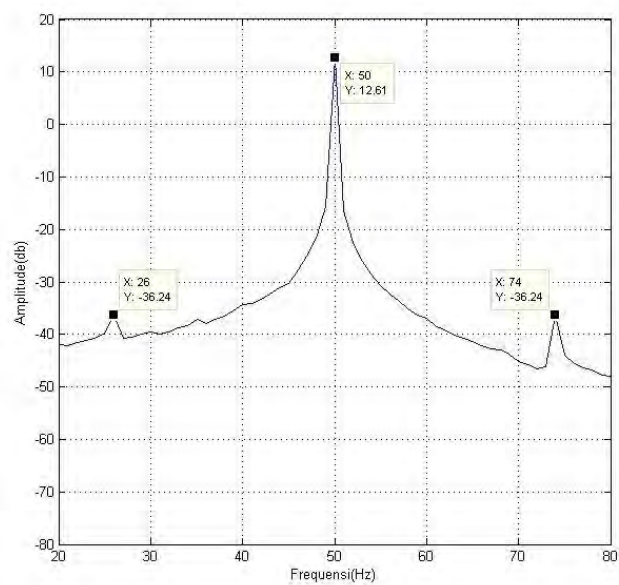
(c)

Gambar 4.53 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

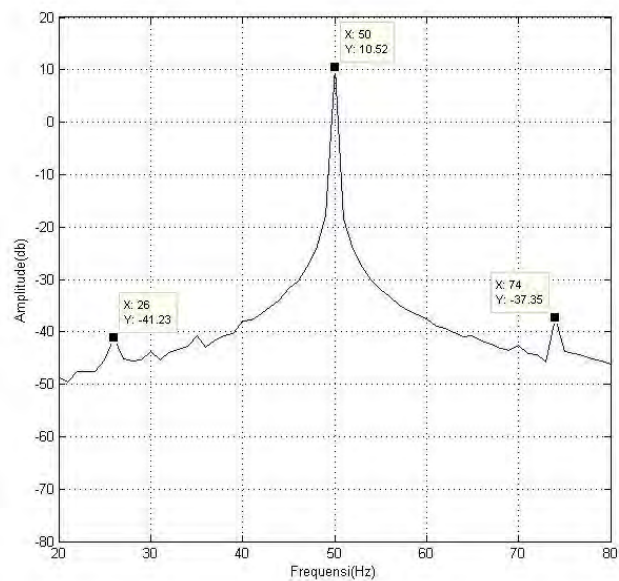
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



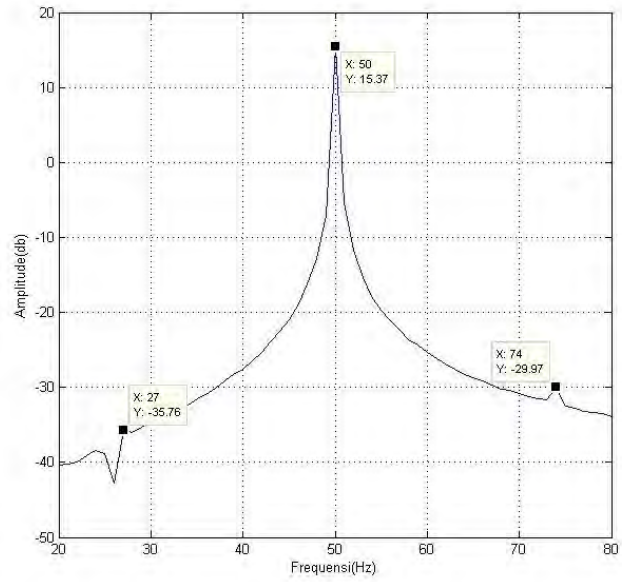
(b)



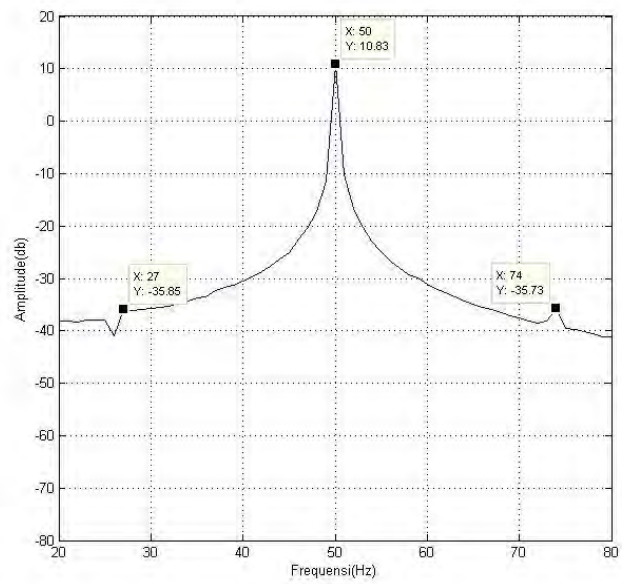
(c)

Gambar 4.54 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 2 atau under voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

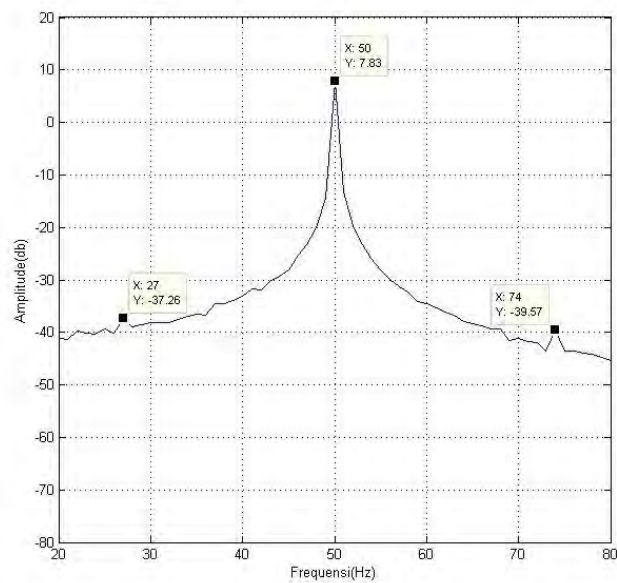
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



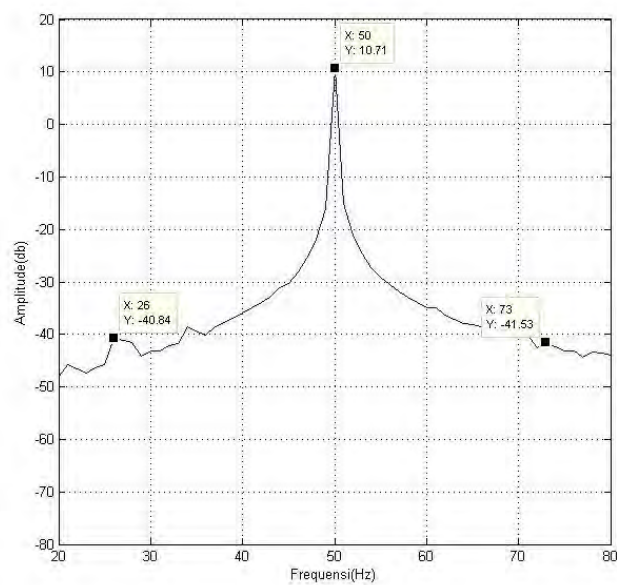
(b)



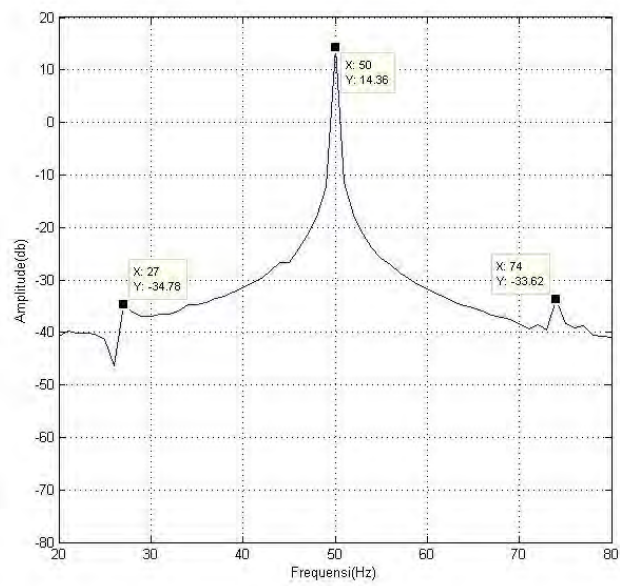
(c)

Gambar 4.55 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

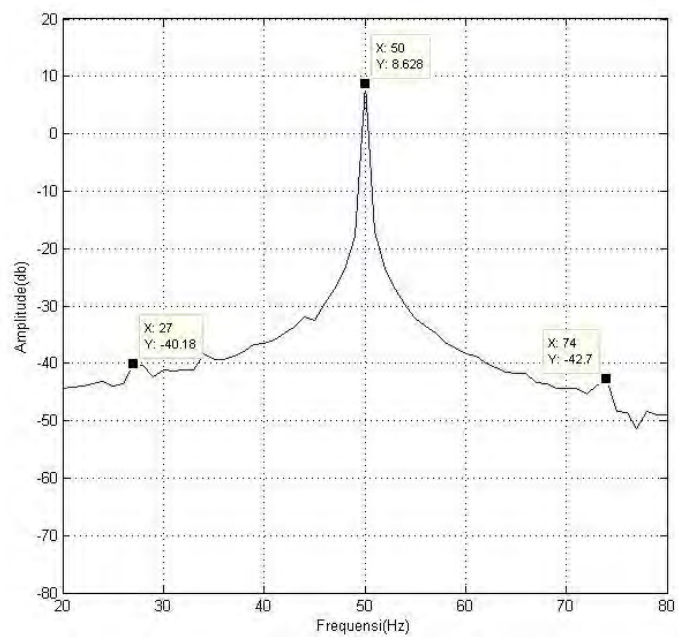
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



(a)



(b)

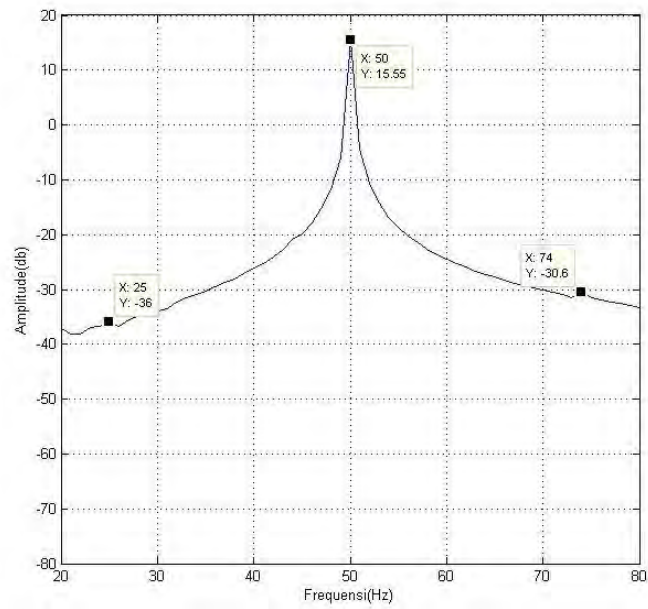


(c)

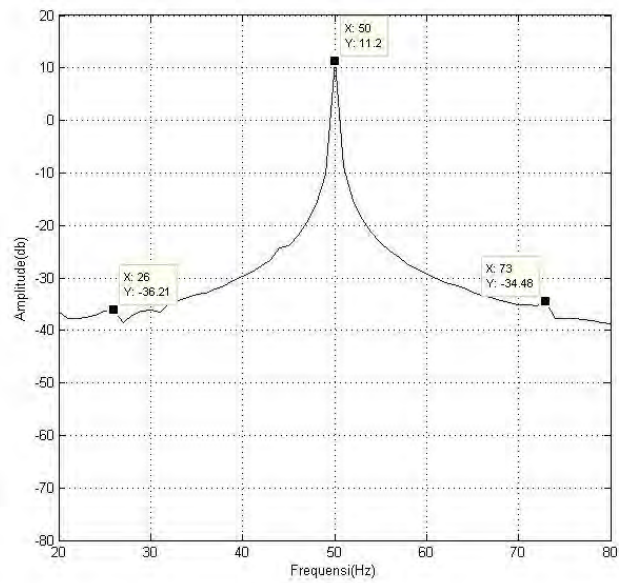
Gambar 4.56 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 75% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

e. Beban 100%

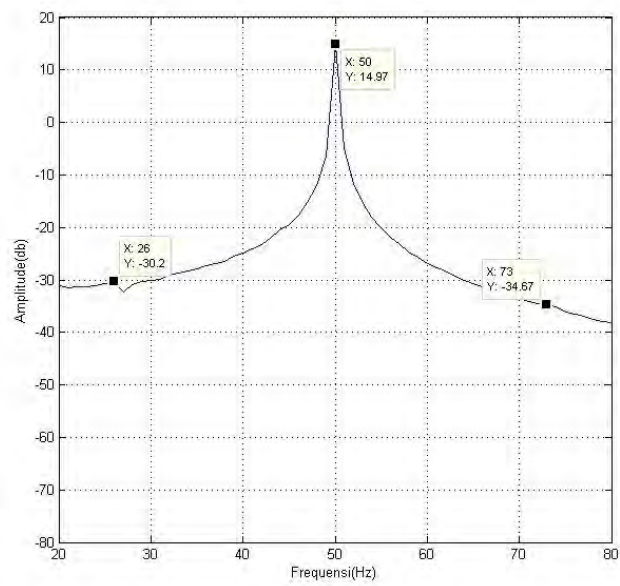
- Tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%



(a)



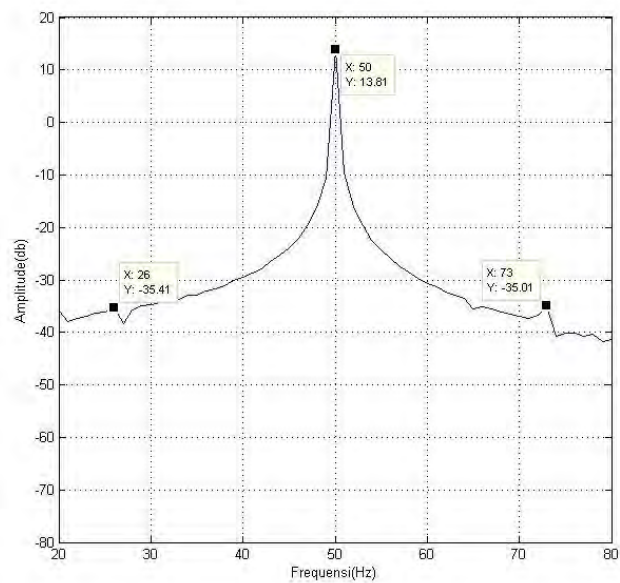
(b)



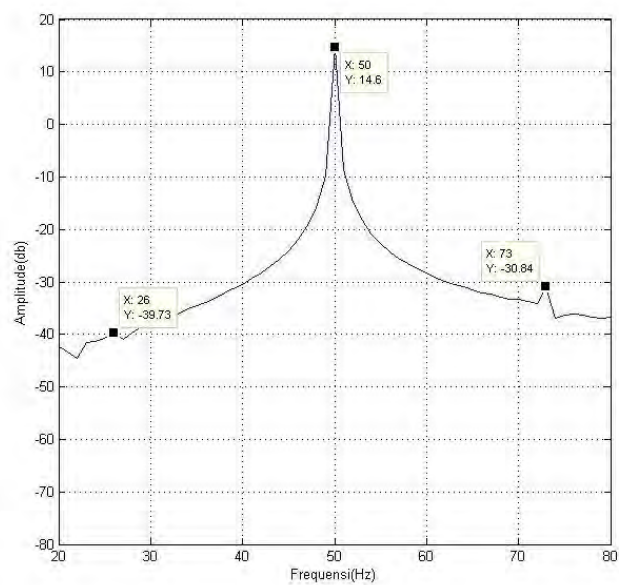
(c)

Gambar 4.57 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

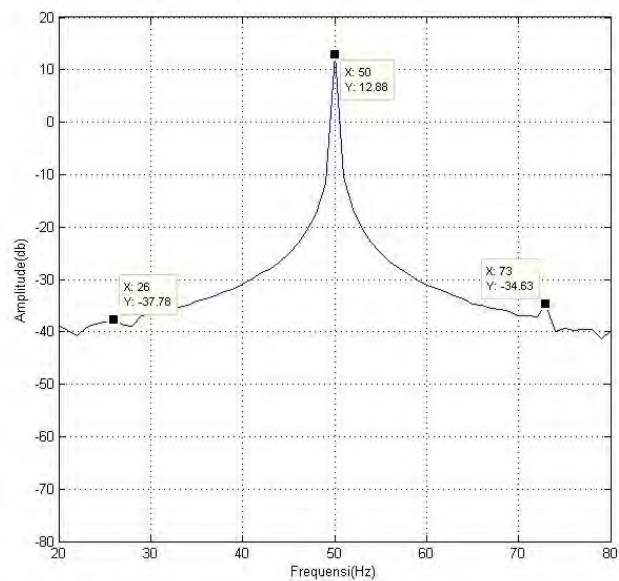
- Tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%



(a)



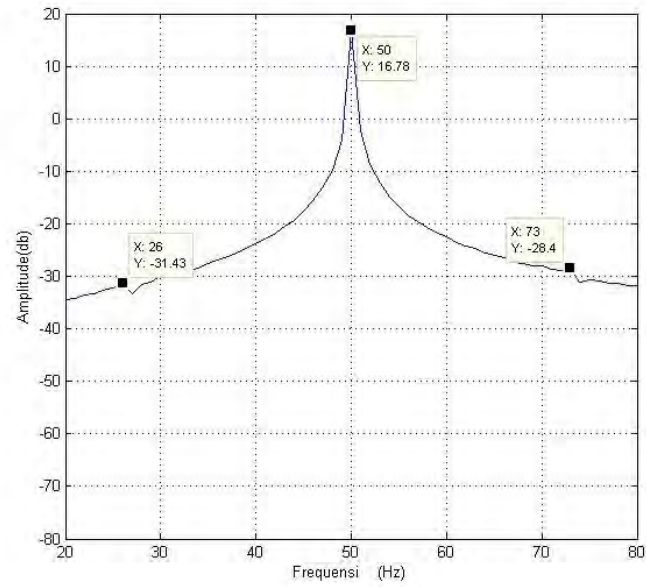
(b)



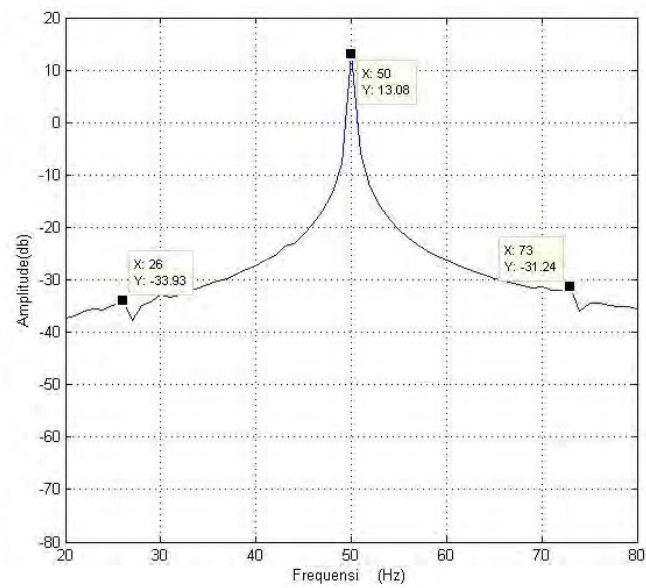
(c)

Gambar 4.58 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 1 atau over voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

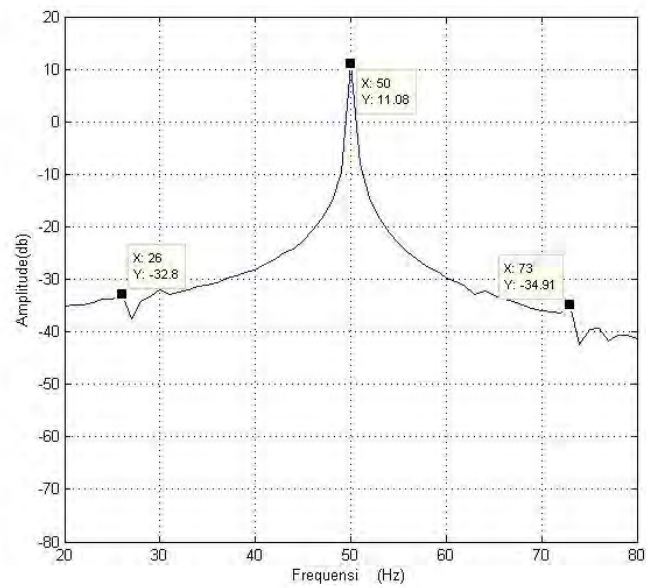
- Tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5%



(a)



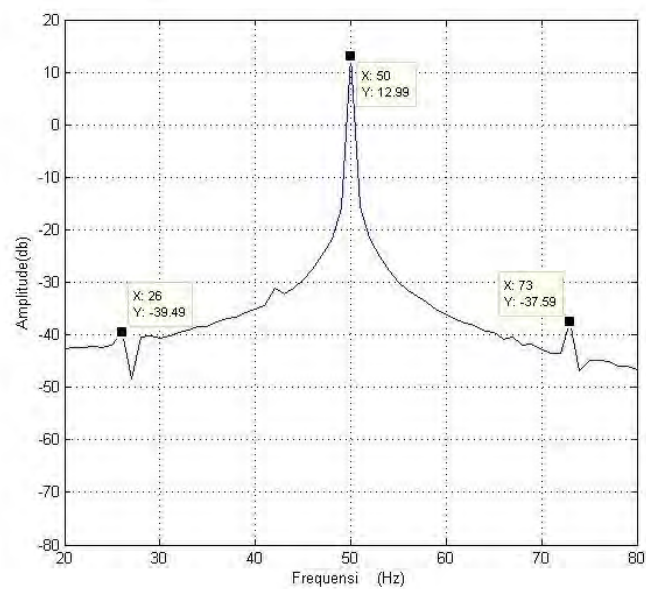
(b)



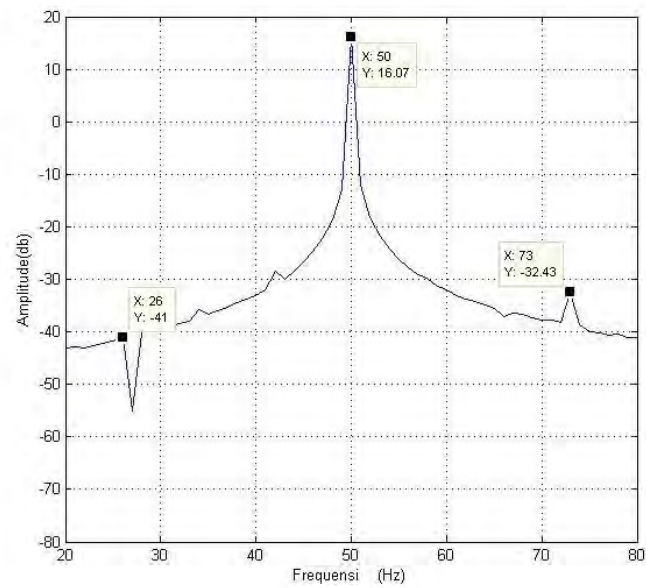
(c)

Gambar 4.59 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 3 atau mix voltage 5% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

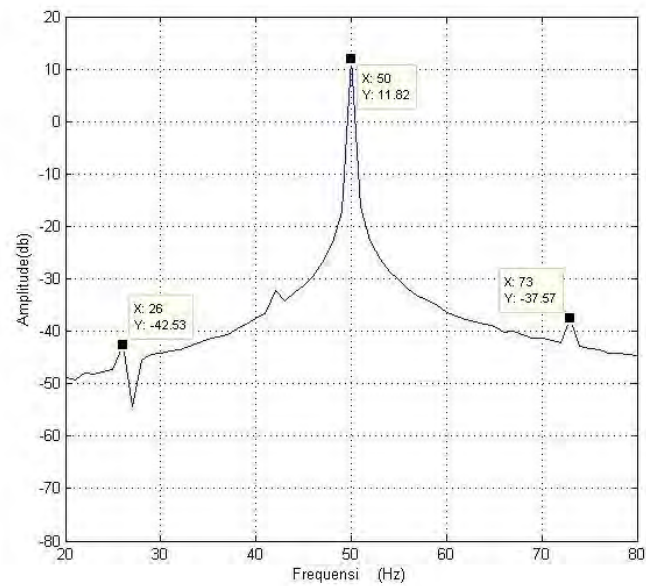
- Tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10%



(a)



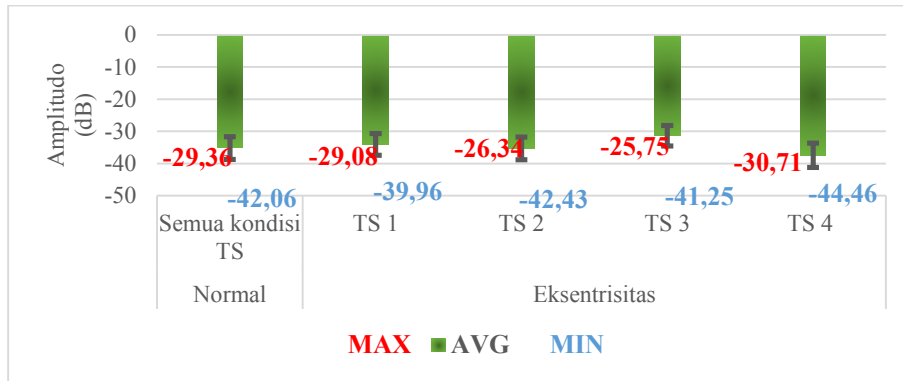
(b)



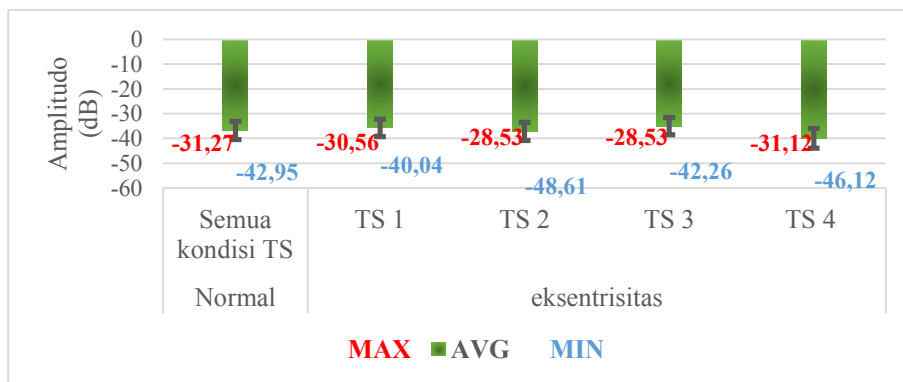
(c)

Gambar 4.60 Spektrum frekuensi percobaan pertama pada motor eksentrisitas 0,2 mm kondisi tegangan tidak seimbang 4 atau under voltage 10% pembebanan 100% (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

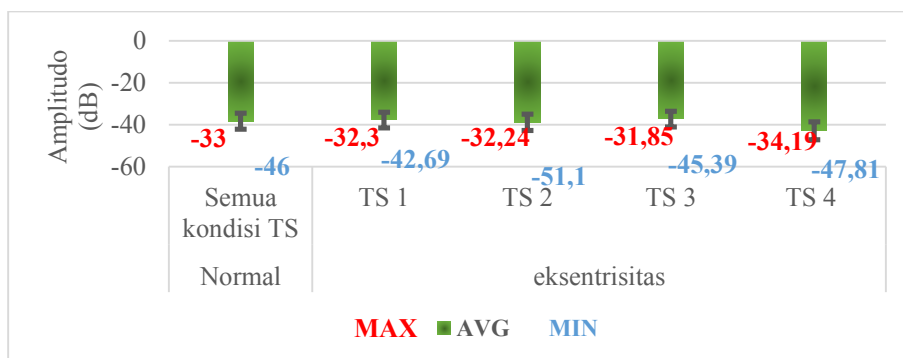
Hasil analisa diatas dibandingkan dengan nilai amplitudo yang paling tinggi pada motor normal semua kondisi tegangan tidak seimbang dengan beban 0% sampai 100%. Dapat dilihat pada gambar grafik



(a)

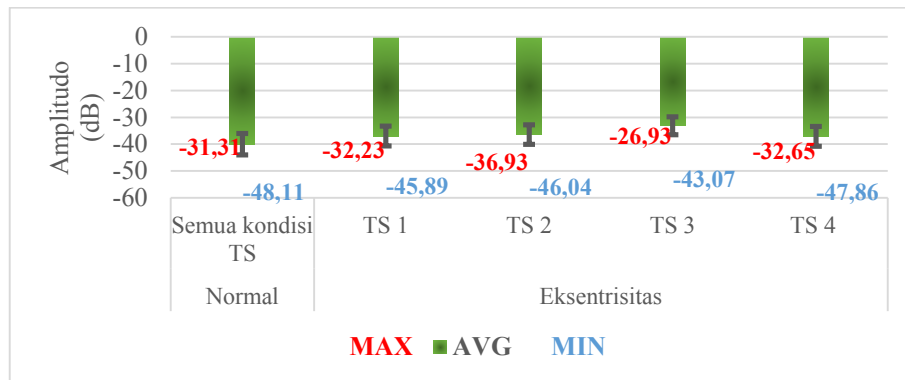


(b)

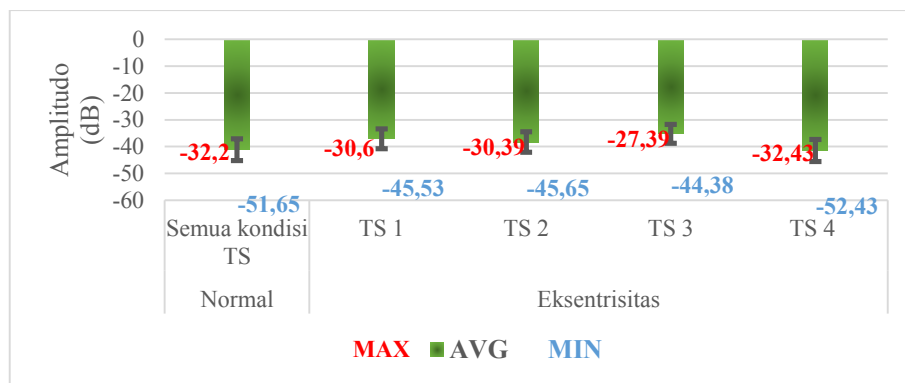


(c)

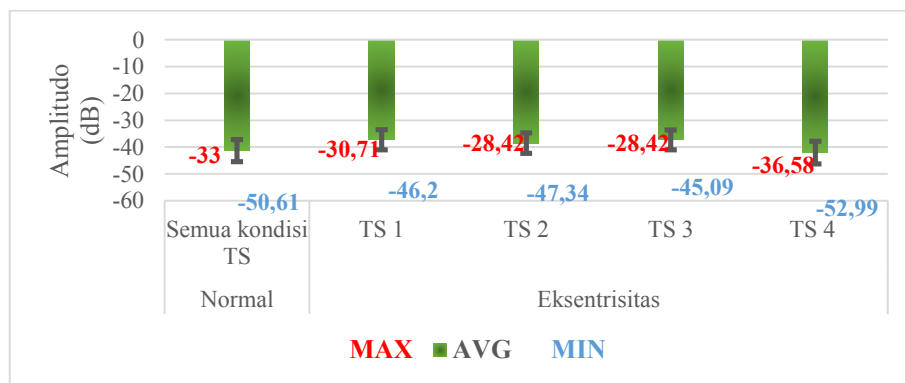
Gambar 4.61 Grafik amplitudo motor normal tidak seimbang all load dan motor eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan pembebanan 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.62 Grafik amplitudo motor normal tidak seimbang all load dan motor eksentrisitasl kondisi tidak seimbang dengan pembeban 0% sampai 100% pada frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$, (a) fasa 1, (b) fasa 2, (c) fasa 3

Tabel 4.7 Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 0%

case	Beban	Tidak seimbang	Percobaan	$f_s - f_r$ (dB)			$f_s + f_r$ (dB)			ket-
				fasa 1	fasa 2	fasa 3	fasa 1	fasa 2	fasa 3	
Normal	Semua	semua	semua	-29.36	-31.27	-33	-31.31	-32.2	-33	
Eksentrisitas	0%	TS 1	1	-31.49	-32.53	-37.29	-37.18	-40.45	-46.2	0
			2	-32.09	-33.42	-36.95	-36.2	-41.02	-45.34	0
			3	-30.63	-32.55	-36.25	-36.35	-36.29	-41.23	0
			4	-32.49	-33.15	-36.72	-35.02	-40.03	-44.1	0
			5	-29.7	-30.98	-32.3	-35.68	-37.97	-38.84	1
			6	-30.26	-30.56	-36.45	-39.28	-45.52	-45.27	1
			7	-30.87	-32.16	-34.19	-36.47	-34.98	-37.05	0
			8	-31.43	-32.72	-36.03	-36.21	-41.58	-44.93	0
			9	-29.08	-30.88	-32.78	-38.37	-38.64	-39.53	1
			10	-30.91	-32.15	-33.94	-34.43	-35.09	-36.87	0
		TS 2	1	-31.48	-31.92	-32.75	-38.45	-39.11	-42.4	1
			2	-31.59	-31.61	-32.92	-37.72	-37.45	-42.05	1
			3	-31.49	-31.76	-33.21	-37.43	-37.57	-43.1	0
			4	-31.47	-31.69	-32.67	-37.95	-37.57	-42.45	1
			5	-31.76	-31.8	-32.89	-38.66	-38.55	-43.34	1
			6	-30.97	-31.07	-32.35	-37.91	-37.84	-42.38	1
			7	-31	-31.07	-32.37	-37.47	-38.71	-42.83	1
			8	-30.92	-31.02	-32.24	-37.43	-38.93	-43.38	1
			9	-31.61	-31.65	-32.66	-38.37	-39.3	-42.05	1
			10	-31.78	-31.88	-33.01	-37.83	-38.3	-41.24	0
		TS 3	1	-30.01	-34.92	-35.1	-33.98	-40.48	-43.31	0
			2	-29.21	-33.8	-35.43	-34.73	-42.39	-43.63	1
			3	-29.81	-34.33	-34.4	-33.3	-44.38	-40.54	0
			4	-28.81	-30.67	-35.15	-32.84	-40.01	-37.74	1
			5	-30.53	-32.77	-34.85	-33.17	-41	-39.65	0
			6	-28.45	-30.74	-33.25	-34.93	-39.3	-42.98	1
			7	-27.83	-32.7	-32.64	-38.18	-42.89	-45.09	1
			8	-30.06	-34.28	-36.05	-32.86	-40.84	-44.48	0
			9	-29.85	-35.04	-35.98	-33.46	-40.4	-42.56	0
			10	-29.4	-32.96	-33.49	-34.92	-44.29	-43.89	0
		TS 4	1	-31.82	-32.02	-34.49	-47.86	-41.36	-52.99	0
			2	-31.91	-31.96	-34.63	-46.03	-41.13	-50.59	0
			3	-31.8	-32.11	-34.77	-46.2	-41.29	-50.17	0
			4	-31.85	-31.9	-34.75	-44.69	-40.86	-50.13	0
			5	-31.95	-32.19	-34.53	-45.88	-40.81	-51.35	0
			6	-32.31	-32.83	-34.32	-39.14	-37.57	-46.02	0
			7	-32.08	-32.15	-35.24	-37.15	-37.11	-43.03	0
			8	-32.03	-34.01	-35.97	-39.33	-38.66	-49.31	0
			9	-31.98	-32.42	-35.45	-36.2	-37.4	-45.6	0
			10	-30.71	-31.12	-34.19	-41.25	-39.53	-49.65	1

Ket : 0 ➔ Tidak ada puncak amplitudo yang terdeteksi pada kondisi eksentrisitas

1 ➔ Amplitudo terdeteksi pada salah satu fasa atau lebih untuk kondisi eksentrisitas

Dari gambar grafik 4.62, merupakan nilai amplitudo maksimum, rata-rata dan minimum untuk semua beban di masing-masing kondisi tegangan tidak seimbang setiap fasanya untuk letak frekuensi eksentrisitas $f_s - f_r$ dan $f_s + f_r$. Hasil analisa deteksi adanya frekuensi eksentrisitas pada motor yang telah direktruksi eksentrisitas celah udara kondisi tegangan tidak seimbang di setiap kondisi tegangan tidak seimbang dapat dilihat pada tabel 4.7

Untuk melihat Persentase keberhasilannya yaitu

$$\% = \frac{\text{jumlah terdeteksi eksentrisitas}}{\text{jumlah percobaan}} \times 100$$

Pada tabel 4.7 kondisi tegangan tidak seimbang dengan beban 0% yaitu Hasil yang didapatkan terdapat 3 percobaan yang terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%, 8 percobaan yang terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5%, 4 percobaan pada tegangan tidak seimbang 3 dan 1 percobaan pada tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10% dari 10 kali percobaan di setiap kondisi tegangan tdak seimbang. Sehingga persentase keberhasilan terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 1 yaitu 30 %, tegangan tidak seimbang 2 yaitu sebesar 80%, tegangan tidak seimbang 3 yaitu sebesar 40% dan untuk kondisi tegangan tidak seimbang 4 yaitu sebesar 10% di beban 0%.

Pada tabel 4.8 merupakan kondisi tegangan tidak seimbang beban 25% yaitu hasil yang didapatkan bahwa tidak terdapat adanya percobaan yang terdeteksi di setiap kondisi tegangan tidak seimbang. Sehingga untuk beban 25% untuk 10 kali percobaan di setiap kondisi tegangan tidak seimbang tidak terdeteksi pada motor yang telah direktruksi eksentrisitas celah udara.

Tabel 4.8 Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi seimbang dengan beban 25%

case	Beban	Tidak seimbang	Percobaan	$f_s - f_r$ (dB)			$f_s + f_r$ (dB)			ket-
				fasa 1	fasa 2	fasa 3	fasa 1	fasa 2	fasa 3	
Normal	Semua	semua	semua	-29.36	-31.27	-33	-31.31	-32.2	-33	
Eksentrisitas	25%	TS 1	1	-37	-37.1	-41.4	-34.41	-37.07	-35.19	0
			2	-39.96	-40.04	-40.05	-38.82	-38.83	-40.41	0
			3	-37.75	-39.04	-40.26	-35.35	-33.93	-36.02	0
			4	-36.05	-36.73	-38.52	-37.33	-35.31	-33.51	0
			5	-38.04	-38.69	-39.46	-39.21	-38.86	-36.36	0
			6	-33.92	-36.79	-40.11	-39.23	-37.06	-36.75	0
			7	-35.57	-39.11	-39.45	-39.94	-37.17	-37.54	0
			8	-36.63	-39.05	-39.49	-35.45	-31.92	-34.17	0
			9	-34.14	-36	-37.93	-38.1	-36.6	-39.26	0
			10	-35.58	-36.15	-40	-36.52	-36.93	-36.47	0
		TS 2	1	-40.36	-42.54	-44.67	-37.62	-39.62	-39.45	0
			2	-40.71	-42.04	-45.27	-36.97	-39.01	-38.28	0
			3	-38.96	-42.77	-44.09	-38.11	-40.39	-39.06	0
			4	-42.43	-42.77	-44.09	-39.5	-30.39	-39.06	0
			5	-38.84	-41.1	-43.9	-37.35	-39.66	-38.38	0
			6	-38.36	-41.53	-42.56	-37.73	-39.57	-38.42	0
			7	-39.68	-40.3	-43.83	-38.18	-40.57	-38.5	0
			8	-40.36	-42.54	-44.67	-37.62	-39.62	-39.45	0
			9	-39.27	-41.82	-45.46	-37.29	-39.86	-39.2	0
			10	-39.43	-41.83	-44.76	36.93	-39.43	-38.81	0
		TS 3	1	-38.49	-39.86	-45.2	-33.97	-32.86	-38.57	0
			2	-41.25	-41.78	-41.83	-43.07	-36.9	-35.28	0
			3	-37.56	-40.56	-43	-33.02	-33.03	-38.61	0
			4	-35.45	-39.9	-43.16	-34.53	-33.04	-39.48	0
			5	-34.75	-38.52	-40.42	-36.88	-33.4	-39.67	0
			6	-36.15	-40.22	-43.97	-37.49	-36.24	-41.88	0
			7	-37.73	-37.95	-40.9	-36.47	-35.65	-41.04	0
			8	-36.56	-40.6	-42.8	-37.11	-35.04	-42.23	0
			9	-38.24	-40.73	-41.66	-33.99	-32.74	-40.3	0
			10	-37.86	-42.26	-45.39	-35.88	-35.14	-41.23	0
		TS 4	1	-40.05	-46.12	-47.33	-34.89	-39.14	-38.05	0
			2	-38.85	-45.26	-47.42	-37.47	-39.83	-39.15	0
			3	-38.98	-45.22	-47.14	-34.85	-39.87	-40.12	0
			4	-40.64	-44.15	-44.83	-34.71	-38.97	-38.28	0
			5	-37.67	-42.32	-47.3	-34.37	-38.82	-37.3	0
			6	-36.12	-43.8	-44.66	-34.3	-39.09	-38.36	0
			7	-38.28	-43.62	-45.79	-37.18	-41.28	-40.08	0
			8	-38.86	-43.03	-44	-33.52	-38.38	-38.57	0
			9	-38.1	-40.79	-46.1	-34.46	-38.98	-37.14	0
			10	-36.84	-44.1	-46.38	-36.95	-40.99	-39.64	0

Ket : 0 ➔ Tidak ada puncak amplitudo yang terdeteksi pada kondisi eksentrisitas

1 ➔ Amplitudo terdeteksi pada salah satu fasa atau lebih untuk kondisi eksentrisitas

Tabel 4.9 Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 50%

case	Beban	Tidak seimbang	Percobaan	$f_s - f_r$ (dB)			$f_s + f_r$ (dB)			ket-
				fasa 1	fasa 2	fasa 3	fasa 1	fasa 2	fasa 3	
Normal	Semua	semua	semua	-29.36	-31.27	-33	-31.31	-32.2	-33	
Eksentrisitas	50%	TS 1	1	-35.76	-39.01	-39.36	-36.49	-32.01	-36.83	1
			2	-37.76	-38.11	-38.76	-32.85	-35.84	-39.56	0
			3	-34.13	-34.42	-38.87	-41.32	-38.23	-34.28	0
			4	-32.46	-34.46	-38.36	-40.07	-40.07	-34.41	0
			5	-36.84	-37.05	-38.82	-36.5	-36.35	-40.33	0
			6	-33.88	-34.75	-35.17	-37.08	-36.76	-39.95	0
			7	-36.62	-39.64	-39.98	-38.45	-39.23	-35.61	0
			8	-35.72	-39.82	-42.69	-38.62	-40.32	-34.87	0
			9	-35.79	-39.47	-41.65	-37.27	-38.09	-32.38	1
			10	-38.06	-38.66	-39.25	-32.97	-40.43	-35.45	0
		TS 2	1	-36.04	-36.36	-36.72	-44.1	-37.96	-43.24	0
			2	-35.14	-35.24	-35.72	-39.96	-45.65	-44.91	0
			3	-35.66	-35.93	-36.29	-46.04	-37.98	-45.5	0
			4	-35.66	-35.93	-36.29	-46.04	-37.98	-45.5	0
			5	-39.04	-39.21	-39.55	-42.47	-44.26	-36	0
			6	-39.1	-48.61	-51.1	-35.46	-38.01	-39.77	0
			7	-39.66	-40.28	-40.72	-36.04	-41.97	-43.6	0
			8	-39.16	-45.71	-48.91	-36.46	-36.69	-37.87	0
			9	-37.42	-40.6	-40.97	-39.29	-37.62	-36.3	0
			10	-36.12	-36.57	-37.21	-42.97	-39.95	-38.65	0
		TS 3	1	-31.11	-34.29	-37.28	-28.98	-30.69	-38.17	1
			2	-30.22	-36.98	-37.92	-31.07	-32.05	-36.76	1
			3	-27.82	-34.21	-34.82	-33.26	-38.64	-34.77	1
			4	-30.54	-34.95	-35.62	-31.27	-40.63	-33.26	1
			5	-35.47	-35.48	-39.09	-28.95	-33.87	-41.41	1
			6	-30.42	-33.65	-41.5	-29.6	-32.41	-36.9	1
			7	-31.68	-34.97	-37.81	-29.52	-30.98	-37.83	1
			8	-30.43	-31.66	-33.36	-29.18	-35.57	-38.61	1
			9	-30.15	-31.6	-34.63	-30.05	-33.62	-36.82	1
			10	-28.9	-39.13	-39.42	-31.28	-32.34	-38.08	1
		TS 4	1	-37.2	-40	-45.17	-36.7	-43.04	-39.17	0
			2	-35.42	-40.3	-44.3	-35.25	-37.96	-36.61	0
			3	-37.45	-41.3	-47.47	-35.77	-43.05	-38.74	0
			4	-38.48	-41.41	-43.88	-34.72	-38.57	-36.58	0
			5	-37.71	-39.49	-44.14	-36.85	-43.82	-38.56	0
			6	-38.48	-41.41	-43.88	-34.72	-38.57	-36.58	0
			7	-38.86	-42.89	-46.94	-34.13	-39.08	-36.86	0
			8	-36.73	-39.07	-42.78	-37.73	-42.85	-39.93	0
			9	-36.15	-39.32	-45.13	-36.53	-42.88	-38.76	0
			10	-34.42	-40.43	-42.91	-35.38	-38.1	-37.16	0

Ket : 0 ➔ Tidak ada puncak amplitudo yang terdeteksi pada kondisi eksentrisitas

1 ➔ Amplitudo terdeteksi pada salah satu fasa atau lebih untuk kondisi eksentrisitas

Tabel 4.10 Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 75%

Case	Beban	Tidak seimbang	Percobaan	$f_s - f_r$ (dB)			$f_s + f_r$ (dB)			ket-
				fasa 1	fasa 2	fasa 3	fasa 1	fasa 2	fasa 3	
Normal	Semua	semua	semua	-29.36	-31.27	-33	-31.31	-32.2	-33	
Eksentrisitas	75%	TS 1	1	-36.83	-37.58	-37.61	-33.95	-37.71	-33.38	0
			2	-36.85	-39.71	-41.63	-41.59	-41.54	-36.62	0
			3	-35.79	-36.9	-37.54	-34.86	-33.33	-37.73	0
			4	-34.32	-36.53	-37.16	-35.07	-33.53	-39.18	0
			5	-35.4	-36.61	-36.98	-36.07	-33.98	-39.88	0
			6	-34.91	-35.3	-36.37	-39.47	-41.38	-34.32	0
			7	-33.72	-33.88	-38.66	-45.89	-42.37	-39.04	0
			8	-34.28	-34.82	-38.54	-42.27	-45.53	-39.75	0
			9	-36.42	-39.34	-39.91	-43.56	-41.55	-37.42	0
			10	-35.31	-36.4	-38.4	-45.33	-40.82	-41.48	0
		TS 2	1	-36.24	-39.21	-41.23	-36.24	-37.68	-37.35	0
			2	-36.35	-40.52	-40.67	-40.41	-41.35	-41.62	0
			3	-33.22	-34.99	-36.44	-40.24	-41.57	-41.65	0
			4	-36.38	-36.45	-39.1	-42.07	-39.43	-41.7	0
			5	-38.23	-38.65	-39.55	-38.04	-35.12	-39.75	0
			6	-37.86	-38.74	-41	-36.85	-40.44	-38.99	0
			7	-36.35	-40.52	-40.67	-40.41	-41.35	-41.62	0
			8	-33.04	-34.82	-36.32	-39.93	-41.2	-41.27	0
			9	-38.23	-38.65	-39.55	-38.04	-35.12	-39.75	0
			10	-41.14	-41.23	-42.57	-35.89	-38.47	-37.9	0
		TS 3	1	-35.76	-35.85	-37.26	-29.97	-35.73	-39.57	1
			2	-29.96	-35.1	-38.57	-29.32	-32.63	-36.85	1
			3	-34.24	-35.01	-36.87	-42.06	-37.01	-31.1	1
			4	-27.93	-33.24	-33.75	-26.93	-35.83	-29.81	1
			5	-30.54	-38.59	-39.14	-31.87	-32.43	-38.95	0
			6	-31.23	-39.46	-39.91	-30.61	-32.03	-38.29	1
			7	-30.24	-34.75	-37.61	-31.21	-33.8	-39.68	1
			8	-31.49	-33.7	-34.65	-38.66	-31.13	-39.61	1
			9	-29.23	-37.28	-37.35	-30.75	-36.81	-32.55	1
			10	-26.34	-29.77	-35.52	-27.74	-30.39	-31.74	1
		TS 4	1	-34.78	-40.18	-40.84	-33.62	-42.7	-41.53	0
			2	-40.39	-42.06	-44.82	-37.14	-49.02	-42.88	0
			3	-40.52	-42.04	-45.16	-37.72	-50.84	-44.3	0
			4	-36.86	-38.77	-40.81	-32.65	-39.41	-38.98	0
			5	-36.43	-36.94	-39.91	-34.49	-42.51	-42.87	0
			6	-38.45	-39.57	-42.73	-34.09	-43.59	-41.17	0
			7	-40.1	-40.45	-45.62	-33.57	-42.01	-38.98	0
			8	-39.74	-42.31	-44.68	-37.17	-50.44	-44.81	0
			9	-39.47	-41.34	-44.68	-38.13	-52.43	-45.11	0
			10	-40.25	-41.91	-45.71	-37.37	-52.33	-44.25	0

Ket : 0 ➔ Tidak ada puncak amplitudo yang terdeteksi pada kondisi eksentrisitas

1 ➔ Amplitudo terdeteksi pada salah satu fasa atau lebih untuk kondisi eksentrisitas

Tabel 4. 11 Perbandingan nilai amplitudo motor normal dan eksentrisitas kondisi tidak seimbang dengan beban 100%

Case	Beban	Tidak seimbang	Percobaan	$f_s - f_r$ (dB)			$f_s + f_r$ (dB)			ket-
				fasa 1	fasa 2	fasa 3	fasa 1	fasa 2	fasa 3	
Normal	Semua	semua	semua	-29.36	-31.27	-33	-31.31	-32.2	-33	
Eksentrisitas	100%	TS 1	1	-30.2	-36	-36.21	-34.67	-30.6	-34.48	1
			2	-30.91	-33.76	-35.98	-34.96	-30.83	-35.12	1
			3	-31.71	-34.3	-36.67	-34.62	-32.13	-35.14	1
			4	-33.9	-33.94	-37.25	-32.23	-36.07	-31.72	1
			5	-32.42	-35.29	-35.76	-32.64	-31.92	-37.13	1
			6	-34.07	-34.15	-37.17	-36.27	-32.59	-31.65	1
			7	-31.13	-35.17	-35.22	-33.72	-34.33	-30.71	1
			8	-30.93	-33.18	-35.58	-33.61	-32.63	-33.38	0
			9	-31.97	-33.53	-37.22	-32.98	-32.12	-33.99	1
			10	-31.15	-35.18	-36.24	-34.12	-34.71	-31.94	1
		TS 2	1	-35.41	-37.78	-39.73	-35.01	-34.63	-30.84	1
			2	-31.03	-33.78	-35.82	-35.82	-38.06	-35.08	0
			3	-34.55	-36.32	-39.25	-34.33	-31.21	-32.83	1
			4	-30.69	-34.04	-35.83	-35.71	-35.5	-35.11	0
			5	-33.41	-33.75	-36.76	-33.95	-38.12	-34.49	0
			6	-31.48	-35.65	-36.02	-36.22	-36.8	-35.64	0
			7	-26.92	-28.53	-32.8	-27.47	-31.92	-31.19	1
			8	-34.66	-36.86	-38.15	-35	-34.86	-31.28	1
			9	-33.71	-35.83	-39.58	-32.17	-34.93	-32.71	1
			10	-32.98	-33.7	-34.35	-36.82	-36.97	-32.83	1
		TS 3	1	-31.43	-32.8	-33.93	-28.4	-34.91	-31.24	1
			2	-31.07	-31.31	-36.84	-28.03	-33.16	-33.47	1
			3	-28.04	-35.94	-36.64	-30.1	-30.5	-32.71	1
			4	-31.47	-33.9	-35.4	-28	-35.78	-30.79	1
			5	-27.68	-31.28	-32.91	-27.07	-32.52	-28.62	1
			6	-29.95	-31.73	-31.85	-32.25	-27.39	-34.25	1
			7	-26.92	-28.53	-32.8	-28	-31.92	-31.19	1
			8	-25.75	-32.87	-34.45	-28.6	-31.1	-28.42	1
			9	-28.38	-29.09	-36.63	-27.6	-33.59	-32.16	1
			10	-26.72	-29.77	-35.52	-27.74	-30.39	-31.74	1
		TS 4	1	-39.49	-41	-42.53	-37.59	-32.43	-37.57	0
			2	-40.23	-42.68	-47.35	-33.21	-37.67	-38.25	0
			3	-42.41	-42.63	-45.5	-33.06	-39.32	-39.52	0
			4	-38.85	-40.42	-44.47	-35.45	-41.39	-41.99	0
			5	-42.08	-44.76	-47.81	-34.54	-39.34	-41.59	0
			6	-40.05	-42.36	-43.16	-40.18	-46	-46.91	0
			7	-44.46	-44.61	-46.32	-36.42	-41.15	-42.01	0
			8	-40.9	-43.36	-44.69	-38.57	-43.19	-45.46	0
			9	-39.57	-40.34	-42.14	-39.76	-46.85	-47.34	0
			10	-43.65	-43.83	-47.75	-36.35	-41.22	-42.56	0

Ket : 0 ➔ Tidak ada puncak amplitudo yang terdeteksi pada kondisi eksentrisitas

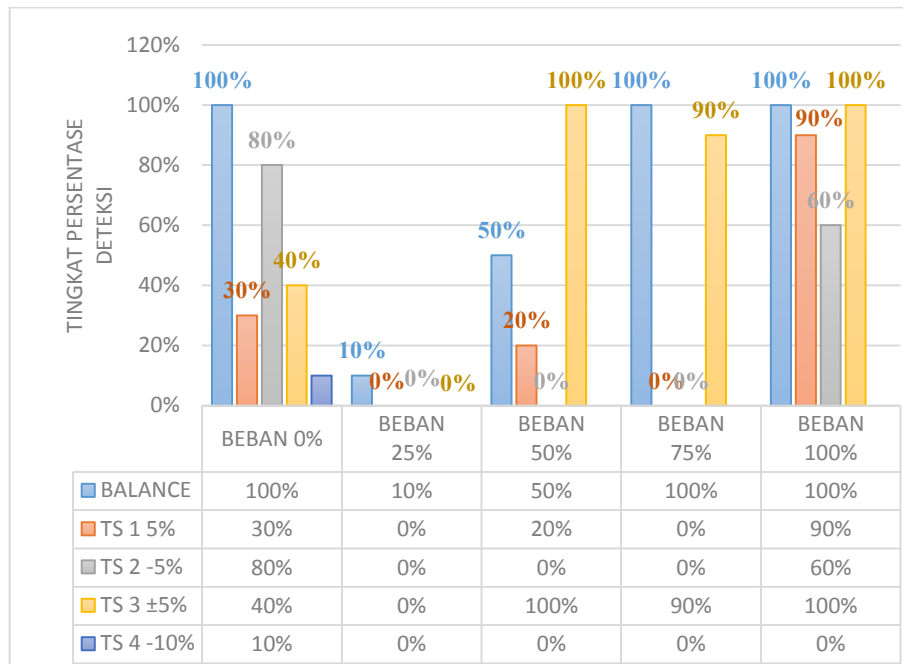
1 ➔ Amplitudo terdeteksi pada salah satu fasa atau lebih untuk kondisi eksentrisitas

Pada tabel 4.9 kondisi tegangan tidak seimbang dengan beban 50% yaitu hasil yang didapatkan terdapat 2 percobaan yang terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 1 atau *over voltage* 5%, pada tegangan tidak seimbang 2 atau *under voltage* 5% tidak terdapat adanya percobaan yang terdeteksi dari 10 kali pengambilan data, 10 percobaan pada tegangan tidak seimbang 3 atau *mix voltage* 5% dan pada tegangan tidak seimbang 4 atau *under voltage* 10% tidak terdapat adanya percobaan yang terdeteksi dari 10 kali percobaan. Sehingga persentase keberhasilan terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 1 yaitu 20 %, tegangan tidak seimbang 3 yaitu sebesar 100% dan untuk kondisi tegangan tidak seimbang 2, tegangan tidak seimbang 4 tidak terdapat adanya percobaan yang terdeteksi pada beban 50%.

Kondisi tegangan tidak seimbang dengan beban 75% dapat dilihat pada tabel 4.10, hasil yang didapatkan pada tegangan tidak seimbang 1, tegangan tidak seimbang 2 dan tegangan tidak seimbang 4 yaitu tidak adanya percobaan yang terdeteksi dari 10 kali pengambilan data. sedangkan untuk tegangan tidak seimbang 3, keberhasilan pendeteksian 10 kali percobaan berhasil sebanyak 10 percobaan. Sehingga persentase keberhasilan terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 3 berhasil sebesar 100% dengan beban 75%. Pada tegangan tidak seimbang 1, tegangan tidak seimbang 2, dan tegangan tidak seimbang 4 yaitu persentase keberhasilan adalah 0% karena tidak terdapat adanya percobaan yang terdeteksi pada motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara dengan beban 75%.

Pada beban 100% dengan kondisi di masing-masing tegangan tidak seimbang dapat dilihat pada tabel 4.11, hasil yang didapatkan yaitu terdapat 9 percobaan yang terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 1, 6 percobaan yang terdeteksi pada tegangan tidak seimbang 2, untuk tegangan tidak seimbang 3 terdapat 10 percobaan yang terdeteksi sedangkan untuk tegangan tidak seimbang 4 tidak terdapat adanya percobaan yang terdeteksi sehingga persentase keberhasilan pendeteksian pada tegangan tidak seimbang 1 sebesar 90%, tegangan tidak seimbang 2 sebesar 60% dan tegangan tidak seimbang 3 sebesar 100% dengan beban 100%.

Dari hasil tingkat persentase keberhasilan deteksi yang didapatkan , dapat dilihat tentang pengaruh dari pembebanan dan tegangan tidak seimbang terhadap tingkat persentase keberhasilan deteksi pada gambar 4.63 di bawah ini



Gambar 4.63 Grafik tingkat persentase deteksi untuk pembebanan dan tegangan tidak seimbang

Dari gambar 4.63 menunjukkan bahwa pada saat kondisi tegangan seimbang dari beban 0% sampai 100% dapat terdeteksi yaitu beban 0% sebesar 100%, beban 25% sebesar 10%, beban 50% tingkat persentase deteksi sebesar 50% untuk beban 75% dan 100% tingkat persentase keberhasilan masing-masing sebesar 100% namun dengan adanya tegangan tidak seimbang dan pembebanan yang bervariasi , tingkat persentase deteksi menjadi bervariasi yang dapat dilihat pada gambar 4.63, sehingga efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang mempengaruhi adanya amplitudo yang muncul atau pendeteksian eksentrisitas celah udara pada motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil percobaan deteksi eksentrisitas celah udara dengan efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang pada arus stator dapat diambil kesimpulan bahwa amplitudo yang muncul pada frekuensi eksentrisitas ($f_s \pm f_r$) dipengaruhi dengan adanya efek pembebanan dan tegangan tidak seimbang sehingga belum tercapainya sistem pendeteksian yang baik pada gangguan eksentrisitas celah udara motor induksi tiga fasa. Hal ini ditunjukkan dengan pengambilan data yang dilakukan sebanyak 10 kali pada motor yang telah direkonstruksi eksentrisitas celah udara untuk efek pembebanan yaitu beban 0%, beban 25%, beban 50%, beban 75%, beban 100% dan tegangan tidak seimbang yaitu *over voltage* 5%, *under voltage* 5%, *mix voltage* 5%, *under voltage* 10% mempengaruhi baik buruknya keberhasilan pendeteksian pada gangguan eksentrisitas celah udara, ini ditunjukkan dengan menghitung tingkat persentase keberhasilan pendeteksian di masing-masing kondisi tegangan tidak seimbang. Untuk beban 0% sampai 75% di masing-masing kondisi tegangan tidak seimbang mempunyai tingkat persentase keberhasilan yang bervariasi namun hasil yang didapatkan tidak semua kondisi tegangan tidak seimbang mendapat tingkat persentase keberhasilan diatas 50%. Sedangkan untuk beban 100% kemunculan amplitudo pada frekuensi eksentrisitas terlihat, ini ditunjukkan dengan adanya tingkat persentase keberhasilan diatas 50% di setiap kondisi tegangan tidak seimbang terkecuali pada tegangan tidak seimbang *under voltage* 10%. Ini disebabkan karena suplai power tegangan tidak seimbang yang begitu besar sehingga mempengaruhi kemunculan amplitudo pada frekuensi eksentrisitas.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dari penelitian ini, dapat dilakukan lagi penelitian dengan motor induksi yang mempunyai daya yang lebih besar dan diperlukan peralatan-peralatan yang presisi seperti regulator.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Da Silva, A. M., *“Induction Motor Fault Diagnostic and Monitoring Method,”* Marquette University, Milwaukee, Mei 2006
- [2] David G. Dorrell, William T. Thomson, Steven Roach, *“Analysis of Airgap Flux, Current, and vibration Signals as a Function of the Combination Of Static and Dynamic Airgap Eccentricity in 3-Phase Induction Motors”* IEEE Trans. Industry Application Vol.33, No.1, Januari 1987.
- [3] Maruthi G.S., Vishwanath Hegde. *“An Experimental Investigation on Broken Rotor Bar in Three Phase Induction Motor by Vibration Signature Analysis using MEMS Accelerometer”*. IJETAE Certified Journal, Volume 3, Issue 4. April 2013..
- [4] Miljkovic D., *“Brief Review Of Motor Current Signature Analysis,”* HDKBR INFO Magazine, Juni 2015
- [5] Huang, X., *“Diagnostic Of Airgap Eccentricity in Closed-Loop Drive Connected Induction Motors,”* Georgia Institute of Technology, Mei 2005.
- [6] Dewantara Belly Yan, Asfani Dimas Anton, Negara I Made Yulistya., *“ Detecting The Static Airgap Eccentricity in Induction Motor Based on Resolution Frequency Analysis on Stator Current,”* RCEE, Juli 2017.
- [7] Jover, P, *“Current, Force and Vibration-Based Techniques for Induction Condition Monitoring,”* TKK Dissertation 85, Helsinki University of Technology, 2007.
- [8] Samaga, R.I., Vittal, Vikas, *“Effect of Unbalance in Voltage Supply on the Detection of Mixed Air Gap Eccentricity in An Induction Motor by Motor Current Signature Analysis,”* IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies – India, Hal-978, 2011.
- [9] Jawad Faiz., H. Ebrahimpour, *“Precise Derating Of Three Phase Induction Motors With Unbalanced Voltages,”* Industry Application conference IEEE/IAS annual meeting Kowloon Hongkong, Hal. 485, 2-5 Oktober 2005
- [10] Hayes, Monson H., *“Schaum's Outline of Theory and Problems of Digital Signal Processing”*, McGraw-Hill Companies, USA, 1999

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP



NUR RANI ALHAM, lahir pada tanggal 30 Oktober 1992 di Kecamatan Kao provinsi Maluku Utara, anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Muh.Ramli dengan Saenani.

Penulis mulai memasuki jenjang pendidikan formal di TK Bunda pertiwi pada tahun 1996 dan tamat tahun 1997. Melanjutkan pendidikan dasar di SD INPRESS 2 TOBELO pada tahun 1997 dan tamat di SD ISLAMIYAH 7 TERNATE pada tahun 2003. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pada tahun 2003 di SMP N 3 BANYUWANGI dan tamat pada tahun 2006 di SMP N 1 TOMPOBULU. Setelah tamat pendidikan menengah pertama, penulis melanjutkan pendidikan di SMA N 1 BANTAENG dan tamat pada tahun 2009. Dan pada tahun 2009 penulis kemudian terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan pendidikan Teknik Elektro dengan Program Studi Diploma Tiga di Universitas Negeri Makassar melalui jalur Ujian Masuk Lokal (UTUL). Kemudian melanjutkan ke jenjang Program Studi Strata 1 di Universitas Negeri Makassar dengan fakultas dan jurusan yang sama, lulus tahun 2014, dan pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Pasca Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Bidang Keahlian Teknik Sistem Tenaga dan lulus tahun 2018. Penulis dapat dihubungi melalui email *rani_alham@yahoo.co.id*.